

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra částí a mechanismů strojů

Koncept luxusního sedadla do autokaru

Draft of a Luxury Coach Seat

Student:

Bc. Martin Starůstka

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Květoslav Kaláb, Ph.D.

OSTRAVA 2013

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Starůstka**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství

Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin

Téma: **Koncept luxusního sedadla do autokaru**  
**Draft of a Luxury Coach Seat**

### Zásady pro vypracování:

Navrhněte koncept luxusního sedadla do autokaru. Zadavatelem diplomové práce je firma BORCAD. Proveďte rešerši vyráběných podobných sedadel. Navrhněte variantně provedení, kinematiku pohybů a možné pohony sedadla podle požadavků zadavatele. Návrh musí splňovat platné bezpečnostní předpisy. Vypracujte sestavný výkres a dílenské výkresy hlavních částí sedadla.

### Seznam doporučené odborné literatury:

BOLEK, A., KOCHMAN, J. AKOL. *Části strojů I a II*. Praha: SNTL, 1989. 776s. ISBN 80-03-0046-7.

DEJL Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I. Spojovací části strojů*. Montanex a.s., Ostrava, 2000, ISBN 80-7225-018-3.

BRÁT V., ROSENBERG J., JÁČ V.: *Kinematika*. SNTL/ALFA, Praha, 1987.

MORAVEC, V., HAVLÍK, J.: *Výpočty a konstrukce strojních dílů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 72 s. ISBN 978-80-248-0878-9.

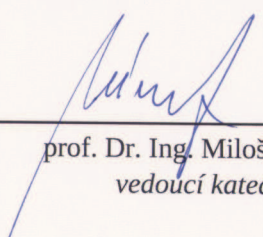
SHIGLEY, J., E., MISCHKE CH., R., BUDYNAS R., G. *Konstruování strojních součástí*. Brno: VUTUM, 2010. 1186 s. ISBN 978-80-214-2629-0.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Květoslav Kaláb, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013

  
prof. Dr. Ing. Miloš Němček  
vedoucí katedry




  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

**Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....10.5.2013.....

..........

podpis studenta



Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 10.5.2013 .....

 .....

Martin Starůstka

Bc. Martin Starůstka  
Barvířka 558  
Krhová, 756 63

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

STARŮSTKA, M. *Koncept luxusního sedadla do autokaru*. Ostrava: Katedra částí a mechanismů strojů, Fakulta strojní, VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2013, 59 s. Diplomová práce, vedoucí Kaláb, K.

Diplomová práce se zabývá návrhem konceptu luxusního sedadla do vozidla kategorie M<sub>1</sub>. Úvod je věnován průzkumu trhu a popis základních pojmů používaných v diplomové práci. V hlavní části byl proveden návrh úpravy výchozího sedadla, návrh kinematiky polohování sedadla, rozbor pohonů pro polohování sedadla, návrh výškově nastavitelné opěrky hlavy, návrh a umístění kotevních úchytů bezpečnostních pásů a kontrolní výpočty vybraných částí sedadla. Výkresová dokumentace obsahuje celkovou sestavu nosného rámu sedadla včetně pohonů, několik podsestav a výrobní výkresy.

## ANNOTATION OF THESIS

STARŮSTKA, M. *Draft of a Luxury Coach Seat*. Ostrava: Institute parts of machines and mechanisms, Faculty of Mechanical Engineering, VSB-Technical University of Ostrava, 2013, 59 p. Diploma thesis, head of thesis Kaláb, K.

Diploma thesis deals with the design of the luxury seat to vehicles of category M1. Introduction is dedicated to market research and describe the basic terms used in the thesis. In the main part was made a proposal to amend the default seat, seats positioning kinematics design, analysis of drives for positioning the seat, the design height adjustable headrests, design and location of the anchorages for safety belts and control calculations of parts of the seat. Design documentation contains general load frame assembly seat including drives, a few sub-assemblies and production drawings.

## OBSAH

<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A JEJICH JEDNOTEK .....</b>	<b>12</b>
<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>13</b>
<b>2. CÍLE PRÁCE .....</b>	<b>13</b>
<b>3. ZÁKLADNÍ POJMY .....</b>	<b>14</b>
<b>4. PRŮZKUM TRHU .....</b>	<b>17</b>
4.1 VÝZNAMNÍ VÝROBCI .....	17
4.2 POUŽÍVANÉ MATERIÁLY .....	19
<b>5. NÁVRH PROVEDENÍ .....</b>	<b>20</b>
5.1 ZÁKLADNÍ POPIS NOSNÉ KONSTRUKCE SEDADLA .....	21
5.2 POLOHOVÁNÍ SEDADLA .....	26
5.3 POHONY PRO POLOHOVÁNÍ SEDADLA .....	29
5.3.1 VOLBA POHONU PRO POLOHOVÁNÍ OPĚRADLA .....	30
5.3.2 POHON PRO POLOHOVÁNÍ SEDÁKU .....	32
5.3.3 POHON PRO POLOHOVÁNÍ PODPĚRY NOHOU .....	32
5.4 NÁVRH VÝŠKOVĚ NASTAVITELNÉ OPĚRKY HLAVY .....	34
5.5 NÁVRH TYPU A POČTU KOTEVNÍCH ÚCHYTŮ PRO BEZPEČNOSTNÍ PÁSY .....	36
<b>6. PŘEDPISY .....</b>	<b>38</b>
6.1 VÝŠKA OPĚRKY HLAVY .....	38
6.2 BEZPEČNOSTNÍ PÁSY .....	39
6.3 MINIMÁLNÍ POČET KOTEVNÍCH ÚCHYTŮ .....	40
6.4 POLOHA KOTEVNÍCH ÚCHYTŮ PÁSŮ .....	41
<b>7. PEVNOSTNÍ KONTROLA ZVOLENÝCH SOUČÁSTÍ .....</b>	<b>43</b>
7.1 PEVNOSTNÍ KONTROLA OSY SPOJUJÍCÍ OPĚRADLO S RÁMEM SEDÁKU .....	43
7.2 KONTROLA SVARŮ SPODNÍCH KOTEVNÍCH ÚCHYTŮ .....	46
7.3 KONTROLA DOLNÍHO KOTEVNÍHO ÚCHYTU .....	48
7.4 KONTROLA ÚČINNOSTI OPĚRKY HLAVY .....	49
7.5 KONTROLA PEVNOSTI OPĚRADLA ZAD .....	51
<b>8. ZÁVĚR .....</b>	<b>53</b>



<b>9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>56</b>
<b>10. SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>58</b>
<b>11. PODĚKOVÁNÍ .....</b>	<b>59</b>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A JEJICH JEDNOTEK

$B, H$	Rozměry profilu	[mm]
$F$	Zatěžující síla	[N]
$F_{KU}$	Zkušební zatížení kotevních úchytů	[N]
$F_{SKUT}$	Skutečná síla působící na opěradlo	[N]
$M_o$	Ohybový moment	[N · mm]
$R_e$	Mez kluzu	[MPa]
$R_m$	Mez pevnosti	[MPa]
$S$	Průřez	[mm <sup>2</sup> ]
$W_o$	Modul průřezu v ohybu	[mm <sup>3</sup> ]
$a$	Velikost provedení svaru	[mm]
$b, h$	Rozměry profilu	[mm]
$d$	Průměr osy	[-]
$k_3, k_4$	Převodní součinitele svaru	[-]
$k_s$	Statická bezpečnost	[mm]
$l$	Délka svaru	[mm]
$l_{13}, l_{32}$	Délka zatíženého průřezu	[mm]
$p_1, p_2$	Zatížení v tlaku	[MPa]
$p_d$	Dovolený tlak	[MPa]
$z$	Jmenovitá tloušťka svaru	[mm]
$\alpha_1, \alpha_2$	Úhly pro umístění kotevních úchytů	[°]
$\beta$	Součinitel tloušťky koutového svaru	[-]
$\sigma_D$	Dovolené napětí	[MPa]
$\sigma_{Dsv}$	Dovolené napětí ve svaru	[MPa]
$\sigma_o$	Napětí v ohybu	[MPa]
$\sigma_{red}$	Redukované napětí	[MPa]
$\tau_s$	Napětí ve smyku	[MPa]
$\tau_{Ds}$	Dovolené napětí ve smyku	[MPa]
$\tau_{  }$	Napětí od posouvající síly	[MPa]
$\tau_{\perp}$	Napětí od ohybového momentu	[MPa]



# 1 ÚVOD

Luxusní sedadlo je prvek dopravních prostředků, který slouží především ke zvýšení pohodlí při cestování a také jako designový prvek. Musí splňovat nejen požadavky na pohodlí cestujících, ale i na bezpečnost.

Dostal jsem příležitost pracovat na zajímavém tématu práce pro firmu BORCAD cz s.r.o. Tématem této práce je návrh konceptu luxusního sedadla pro vozidlo kategorie M<sub>1</sub>. Tento návrh má dle zadavatele maximálně vycházet z již vyráběného sedadla s názvem Excellent, které je určeno pro použití ve vozech kolejové dopravy. Toto sedadlo je potřeba upravit tak, aby odpovídalo předpisům pro silniční provoz.

Hlavním cílem konstrukčního řešení je úprava výchozího nosného rámu odstranění nežádoucích prvků a doplnění o zásadní prvky, které musí sedadlo pro silniční provoz mít z hlediska předpisů EHK (Evropská hospodářská komise). Mezi tyto prvky patří návrh ukotvení pro bezpečnostní pásy a výškově nastavitelná opěrka hlavy. Dalšími cíly jsou variantní návrh kinematiky pro podložku pod nohy a rozbor vhodných pohonů.

Společnost BORCAD cz je přední evropský výrobce zdravotnické a kolejové techniky. V oblasti kolejové techniky nabízí BORCAD cz komplexní sortiment pro interiéry osobních vlaků. Ve zdravotní technice se BORCAD cz zaměřuje na vývoj, konstrukci a výrobu porodních postelí, gynekologických, transportních a dialyzačních křesel.

## 2 CÍLE PRÁCE

Na základě zadání, po konzultaci se zadávající firmou a vedoucím práce mi byly stanoveny následující cíle:

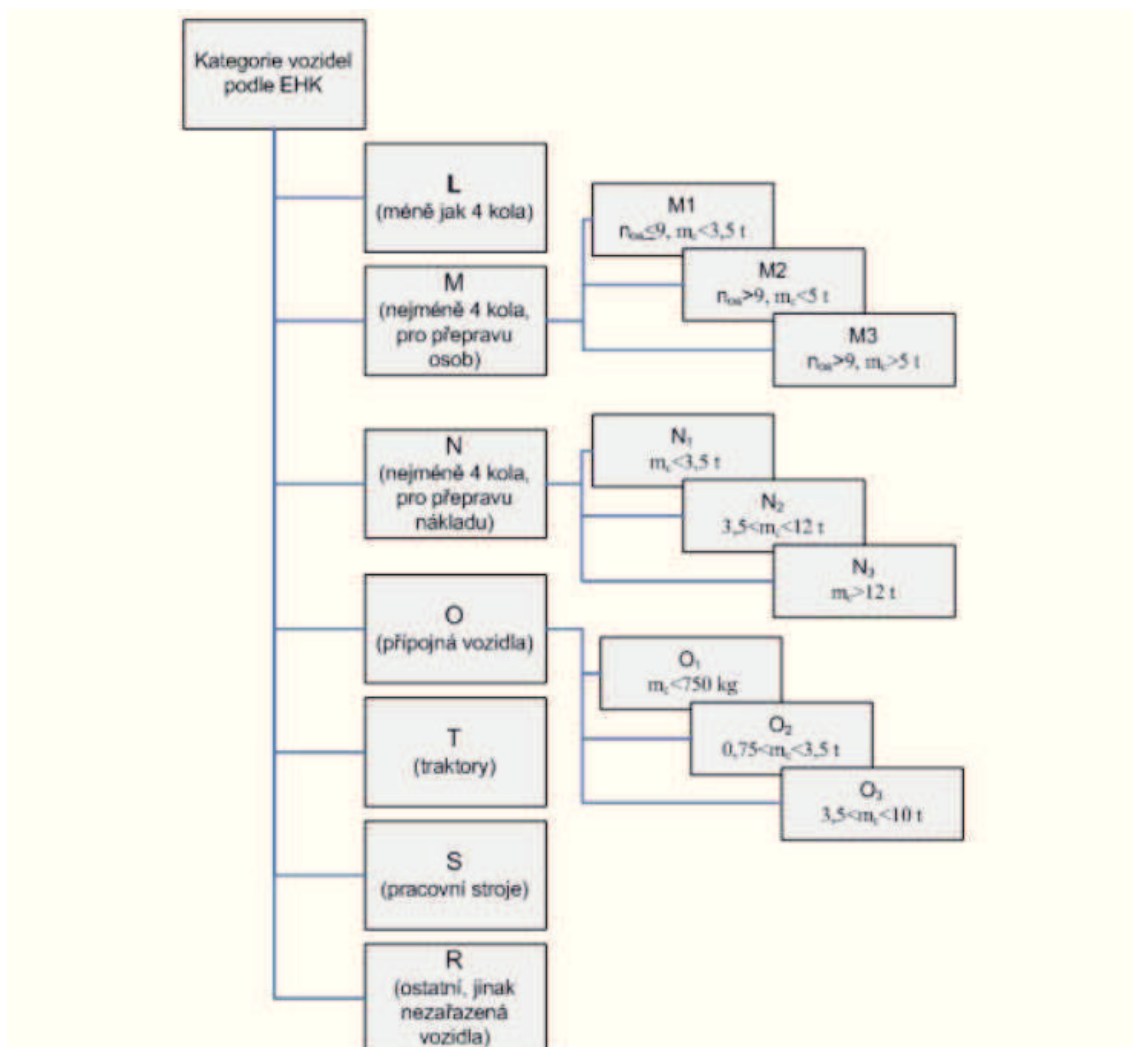
- navrhnout kinematiku podložky pod nohy
- rozbor pohonů pro polohování sedadla
- navrhnout nutné úpravy výchozího sedadla pro použití ve vozidle kategorie M<sub>1</sub>
- provést pevnostní výpočty zvolených součástí
- vytvořit výrobní dokumentaci v zadaném rozsahu

### 3 ZÁKLADNÍ POJMY

V diplomové práci používám tyto ustálené a normované pojmy dle [2], [3], [7], [8]:

- **Koncept** obecně znamená první předběžné zpracování, návrh, náčrt. Ve filozofii se význam uvádí jako představa, myšlenka, rozumové uchopení či pojetí tématu.
- **Typ vozidla** znamená kategorii motorových vozidel, které se navzájem podstatně neliší, pokud jde o:
  - kostru, tvar, rozměry, materiál a hmotnosti sedadel, i když se sedadla mohou lišit v potahu a barvě, rozdíly nepřevyšující 5 % z hmotnosti homologovaného sedadla se nemusí uvažovat;
  - typ a rozměry seřizovacích, přestavovacích a zajišťovacích systémů opěradla sedadla a sedadel i jejich součástí;
  - typ a rozměry ukotvení součástí;
  - rozměry, rám, materiál a čalounění opěrek hlavy, i když se mohou lišit barvou a potahem;
  - typ a rozměry upevnění opěrky hlavy a charakteristiky dílu vozidla, ke kterému je opěrka hlavy upevněna, v případě samostatné opěrky hlavy.
- **Kotevní úchyty** jsou části nosné konstrukce vozidla nebo nosné konstrukce sedadla nebo jakákoli jiná část vozidla, k níž mají být upevněny soupravy bezpečnostních pásů.
- **Sedadlo** znamená konstrukci, která může, ale nemusí být nedílnou součástí konstrukce vozidla, včetně čalounění a je určena k sedění jedné dospělé osoby. Tento pojem zahrnuje jak jednotlivé sedadlo, tak část lavicového sedadla odpovídající jednomu místu k sezení.
- **Typ sedadla** je kategorie sedadel, která se vzájemně neliší v takových podstatných hlediscích jako:
  - tvar, rozměry a materiály nosné konstrukce sedadla;
  - typy a rozměry seřizovacích systémů a všech blokovacích systémů;
  - typ a rozměry kotevních úchyťů na sedadle, ukotvení sedadla a odpovídajících nosných částí karoserie vozidla.
- **Ukotvení sedadla** je systém upevnění soupravy sedadla k nosné konstrukci vozidla, včetně zúčastněných částí nosné konstrukce.

- **Přestavovací systém** znamená zařízení, jehož pomocí může být sedadlo nebo jedna z jeho částí, posunuto nebo natočeno bez pevné mezilehlé polohy.
- **Pojem autokar** - pod slovem autokar se dají představit různá vozidla od dodávek přes mikrobusey, až po různé druhy autobusů. Podle předpisů EHK jsou silniční motorová vozidla klasifikována dle obr. 1.



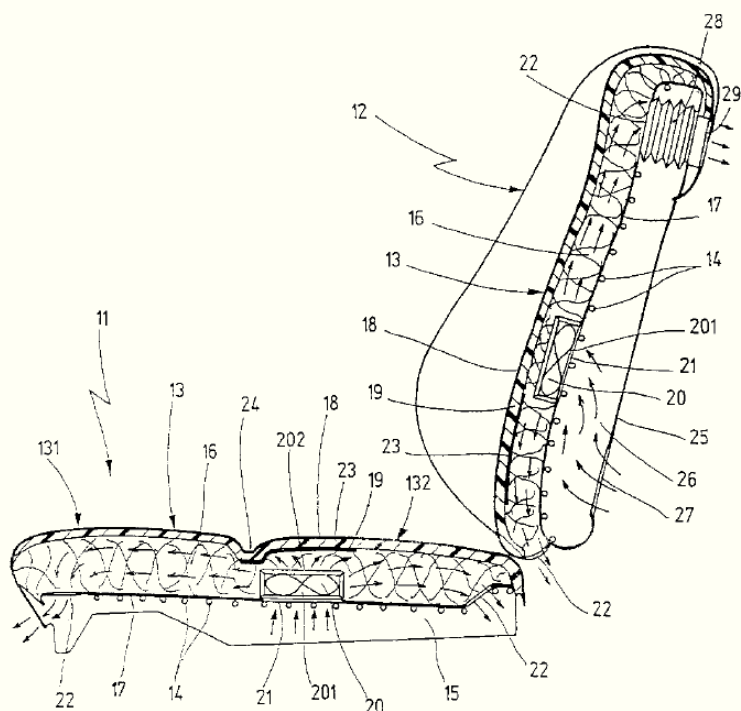
Obr. 1 – Kategorie silničních vozidel podle EHK

V diplomové práci se zabývám sedadlem pro automobily kategorie  $M_1$ , tedy vozidlo pro přepravu osob s nejvýše 9 místy k sezení včetně řidiče,  $m_c < 3,5$  t, prostor pro zavazadla nesmí být větší než prostor pro přepravu osob. Této kategorii nejlépe odpovídá např. Mercedes Sprinter nebo Mercedes Jetvan (viz obr. 3).

- **Luxusní sedadlo** by mělo být pohodlné, ale zároveň bezpečné.

Z bezpečnostních hledisek musí splňovat normami dané požadavky na pevnost konstrukce. Zde patří zejména pevnost v místě uchycení sedadla k vozidlu, pevnost uchycení bezpečnostních pásů a celková pevnost rámu.

Co do pohodlí by sedadlo mělo mít polohovatelné opěradlo a sedák. Pro zvýšení komfortnosti se často používá také polohovatelná podpěra pod nohy. K dalším funkcím, které z napohled obyčejného sedadla dělají sedadlo luxusní, jsou (většinou) příplatkové funkce jako masážní opěradlo sedadla nebo vnitřní klimatizace sedadla.



Obr. 2 – Schéma klimatizovaného sedadla

Zdroj:

<http://www.google.com/patents?id=1xUFAAAAEBAJ&printsec=abstract&zoom=4&hl=cs#v=onepage&q&f=false> 16.2.2013

## 4 Průzkum trhu

Při průzkumu trhu jsem se zaměřil na sedadla, která jsou vyráběna pro stejný účel, jako je koncept řešený v diplomové práci. Jedná se tedy o polohovatelná sedadla (s podporou pro nohy) odpovídající normám pro silniční vozidla třídy M<sub>1</sub> zastavěná ve vozech Mercedes Sprinter nebo Mercedes Jetvan (viz obr. 3).



Obr. 3 – Mercedes Jetvan

### 4.1 Významní výrobci

Při průzkumu na internetu jsem našel tři firmy zabývající se přestavbou dodávkových vozidel, z nichž dvě pocházejí z USA a jedna z Itálie.

#### USA:

*HQ Custom Design* – Nabízí přestavbu dodávkových vozidel pro obchodní účely. Sedadla jsou polohovatelná. Bezpečnostní pásy nejsou součástí konstrukce sedadla, nýbrž vozidla.



Obr. 4 - HQ Luxury Excursion Sprinter Van 2011

Zdroj: <http://www.hqcustomdesign.com/HTML/gallery.htm> 13.2.2013

*Becker automotive design* – v roce 2009 dostali certifikát kvality od firmy Mercedes-Benz a tím povolení převést užitkový vůz Mercedes-Benz Sprinter (a další) na jeden z nejvíce sofistikovaných transportů světa. Nabízí vysoce kvalitní kožená sedadla s možnostmi polohování, včetně podpěry pod nohy (viz obr. 5).



Obr. 5 - Becker automotive design

Zdroj: <http://beckerautodesign.com/jetvan-gallery.html> 13.2.2013

#### **Itálie:**

*Delta Interior Srl* – Hlavním produktem je designový návrh a přestavba luxusních soukromých letadel. Jako vedlejší produkt nabízí přestavbu vozidla Mercedes Sprinter (viz obr. 6). Tato sedadla nemají podpěru pod nohy a jsou omezeně polohovatelná.



Obr. 6 - Delta Interior Srl

Zdroj: [http://www.alibaba.com/product-free/112155301/D4V\\_FlyingVan.html](http://www.alibaba.com/product-free/112155301/D4V_FlyingVan.html) 13.2.2013

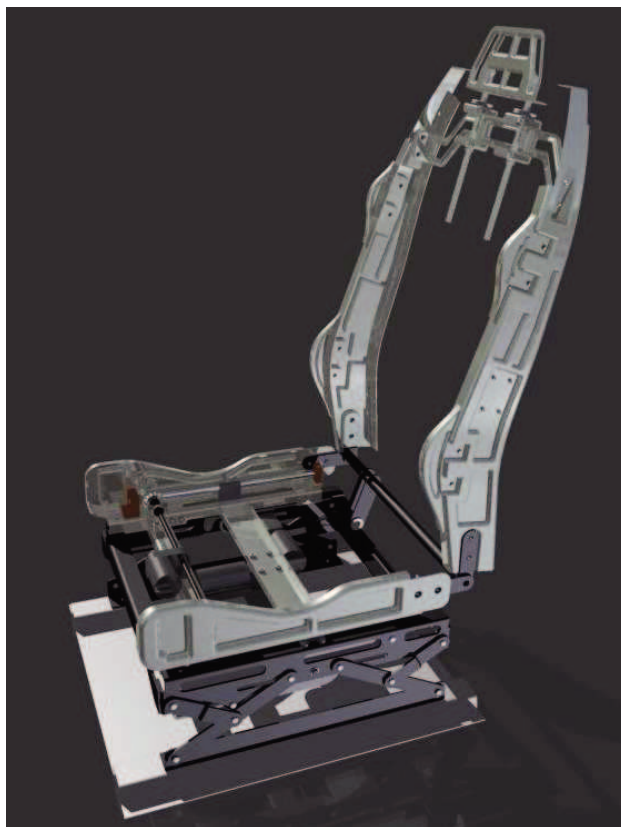


## 4.2 Používané materiály

Pro konstrukci rámců sedadel jsou nejčastěji používány plechy tvarované pomocí tváření za studena v kombinaci s různými profily (viz obr. 7 a 8). Výsledný tvar plechů má značný vliv na pevnost konstrukce. Je-li to nutné, je možno použít vysoko-pevnostní plechy. Tyto plechy je většinou nutno tvářet za tepla.



Obr. 7 – Příklad 1 - Rám sedadla z tvářených plechů



Obr. 8 – Příklad 2 - Rám sedadla z tvářených plechů 2

## 5 Návrh provedení

Koncepční návrh mé konstrukce luxusního sedadla vychází z již vyráběného a používaného sedadla zadavatelské firmy BORCAD cz s.r.o. s názvem Excellent, určeného pro použití v kolejových vozidlech, což byl jedním z požadavků zadavatele. Tento požadavek byl zadán z důvodů finanční úspory, která je způsobena jak časovou úsporou při konstrukčních pracích, tak i možností využití původních svařovací a kontrolních přípravků.



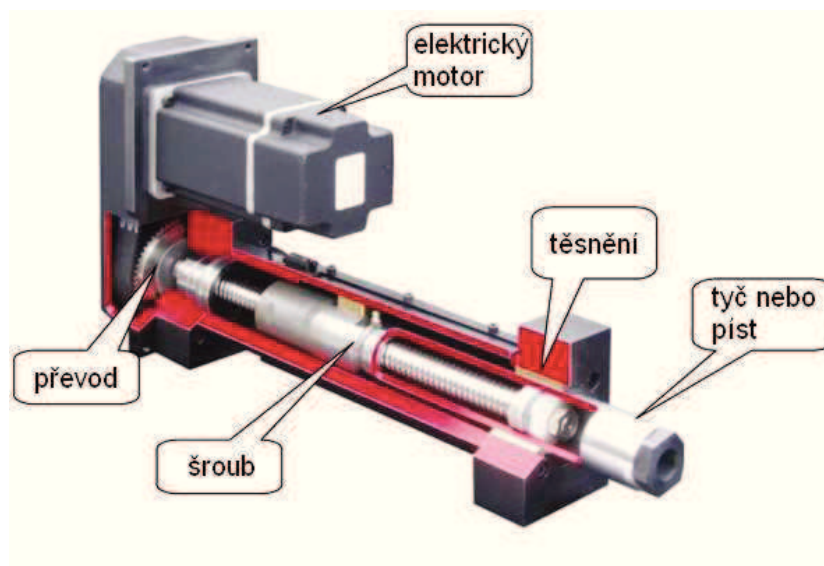
Obr. 9 – Vlakové sedadlo EXCELLENT

Vlakové sedadlo Excellent jako celek nelze použít do automobilu, protože v mnoha ohledech neodpovídá předpisům pro silniční motorová vozidla kategorie M<sub>1</sub>. Tyto požadavky popisuje celá řada norem, kde každá norma se zaměřuje na konkrétní prvky sedadla i na sedadlo jako celek.

Hlavní prvky sedadla, která neodpovídají požadavkům, jsou pevné opěrky rukou, umístění ovladače pro přestavovací systém, absence bezpečnostních pásů a nutnost přítomnosti výškově nastavitelné opěrky hlavy.

Polohování částí sedadla se provádí pomocí elektrických lineárních pohonů tzv. aktuátorů značky Linak.

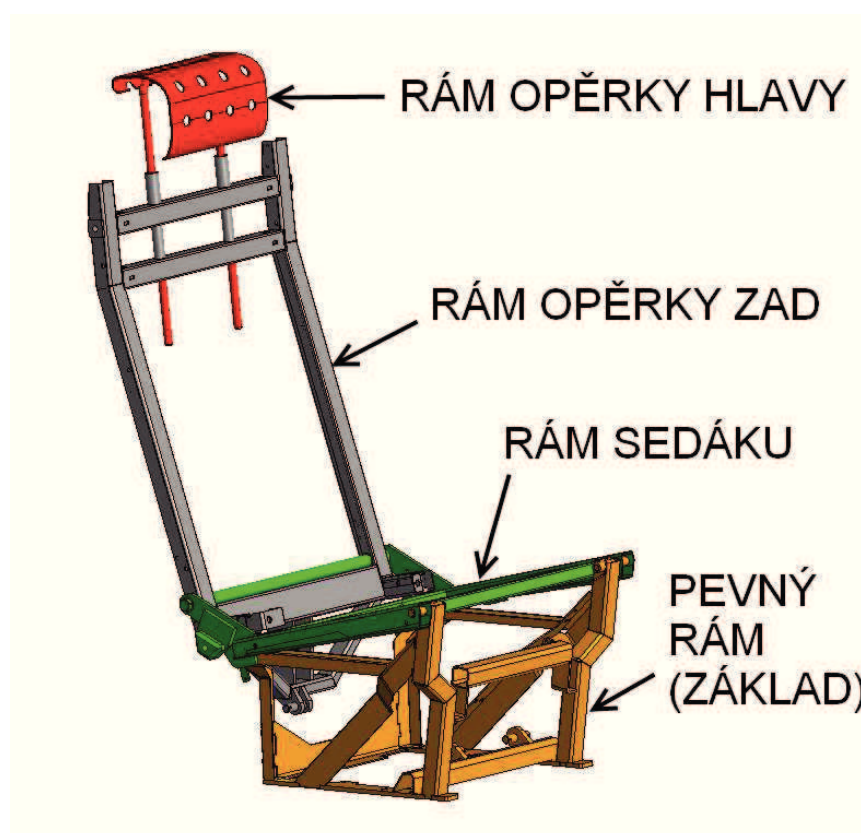
Hlavním nosným prvkem pohonu je pohybový šroub, který je poháněn elektrickým motorem. Krouticí moment je z motoru na šroub přenášen nejčastěji ozubeným řemenem.



Obr. 10 – Řez aktuátorem

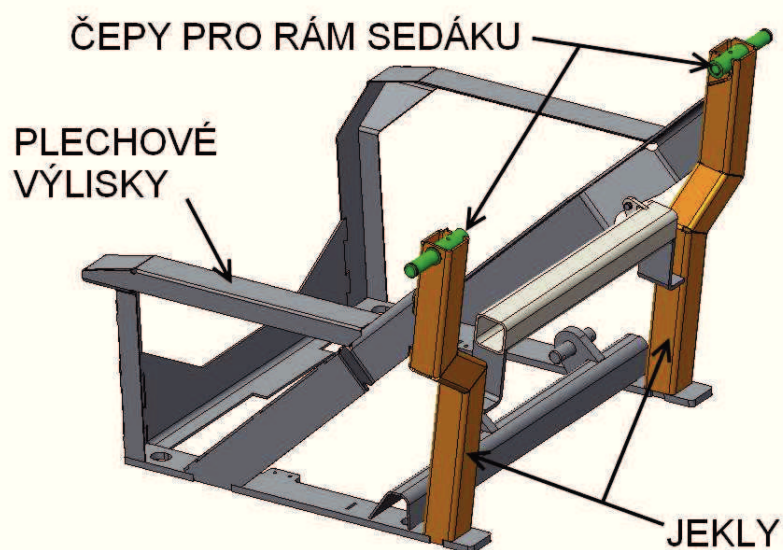
### 5.1 Základní popis nosné konstrukce sedadla

Nosná konstrukce sedadla se skládá ze čtyř celků (podsestav), které jsou vůči sobě spojeny pomocí čepů tak, aby tyto podsestavy byly pohyblivé a měli tedy možnost polohování. Tyto podsestavy jsou barevně znázorněny na obr. 11.



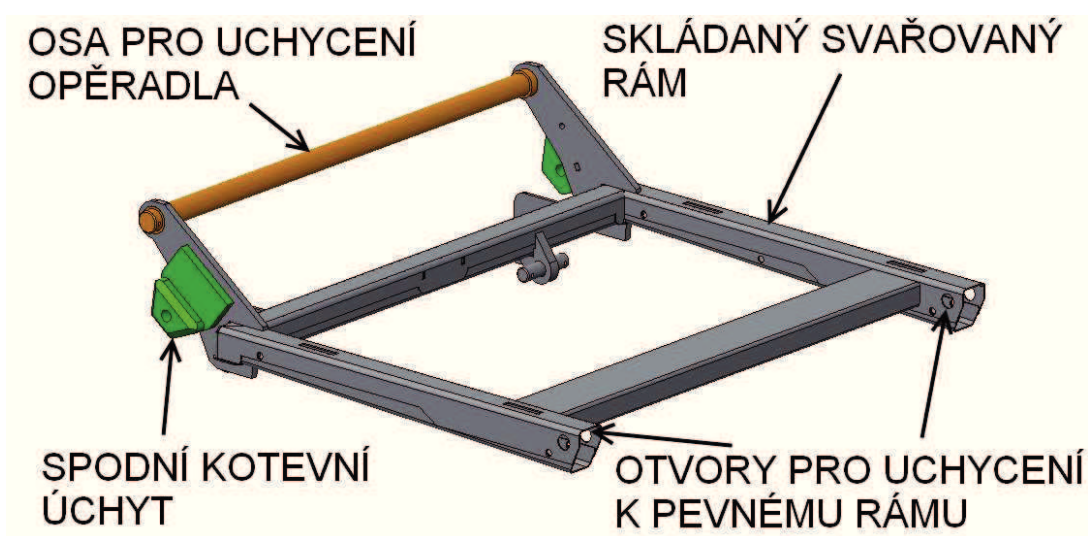
Obr. 11 – Podsestavy tvořící nosný rám sedadla

- **Pevný rám (základ)** je připevněn k rámu vozidla pomocí šroubů. Je jedinou částí sedadla, která nemění svou polohu. Skládá se převážně z plechových výlisků respektive výstřížků a z upravených jechlů. Jednotlivé součásti jsou k sobě připevněny svař, což vytváří jeden tuhý celek.



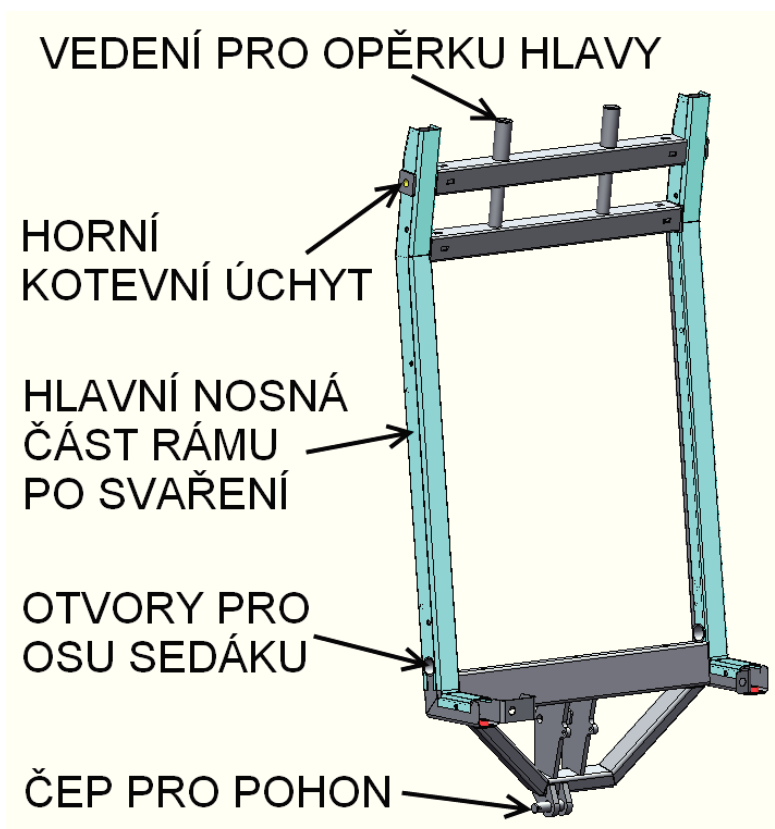
Obr. 12 – Pevný rám (základ)

- **Rám sedáku** je připevněn k pevnému rámu pomocí čepů (viz obr. 12). Toto otočné uložení umožní změnu úhlu sedáku vůči vodorovné rovině podlahy vozidla, tedy polohování sedáku (obr. 19). Toto polohování je prováděno za pomoci elektrického pohonu (viz kapitola 5.3.2). K rámu sedáku jsou pomocí svarů připevněny kotevní úchyty pro umístění bezpečnostních pásů, což je popsáno v kapitole 5.5.



Obr. 13 – Rám sedáku

- **Rám opěrky zad** je otočně připevněn k rámu sedáku pomocí osy. Skládá se z upravených jeklů a plechových výlisků. V horní části opěradla jsou umístěny kotevní úchyty pro bezpečnostní pásy, které musí splňovat požadavky dané předpisem EHK 14. Tyto kotevní úchyty jsou při pevnostních zkouškách zatěžovány tahovou silou cca 6750 N na jeden úchyt. Při této zkoušce nesmí dojít k poškození žádné části rámu sedadla. Jelikož je kotevní úchyt umístěn v horní části opěradla, vyvolá tato zkušební síla ohybový moment působící na rám opěradla. Aby rám opěradla vydržel tak vysoké zatížení, je jedním z hlavních nosných prvků profil vyrobený z vysokopevnostní oceli s označením DOCOL 1200M s mezí pevnosti 1200-1400 MPa a mezí kluzu cca 1000 MPa (viz Příloha C).



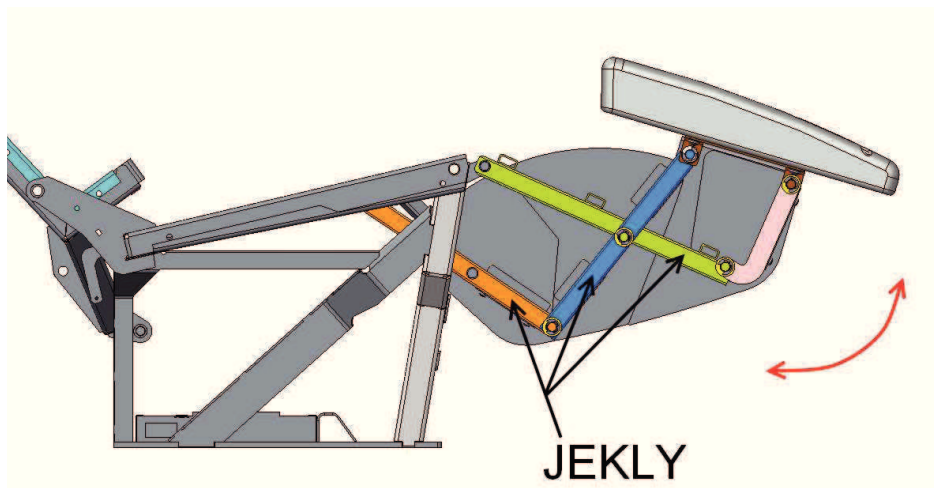
Obr. 14 – Rám opěradla zad

- **Rám opěrky hlavy** je popsán v kapitole 5.4. Konstrukce je navržena tak, aby odpovídala předpisům což je popsáno v kapitole 6.1.



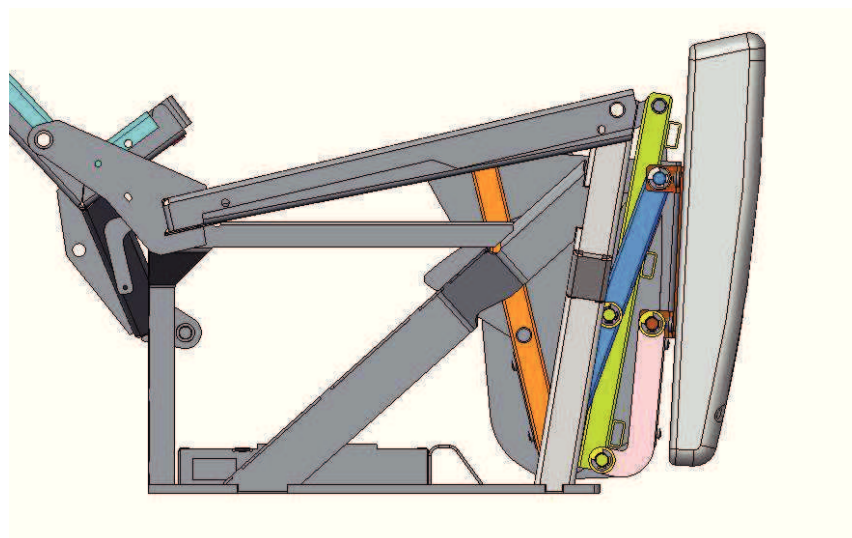
- **Podpěra nohou má dvě varianty provedení:**

**Varianta A** je převzata ze sedadla Excelent. Nosný rám je složen z jeklů, které jsou otočně spojeny pomocí čepů. Čepy jsou zajištěny pojistnými kroužky. Rám je pohyblivý a tvoří jakýsi kyvný mechanismus, který umožňuje polohování podpěry.



Obr. 15 – Rozložený rám podpěry nohou VARIANTA A

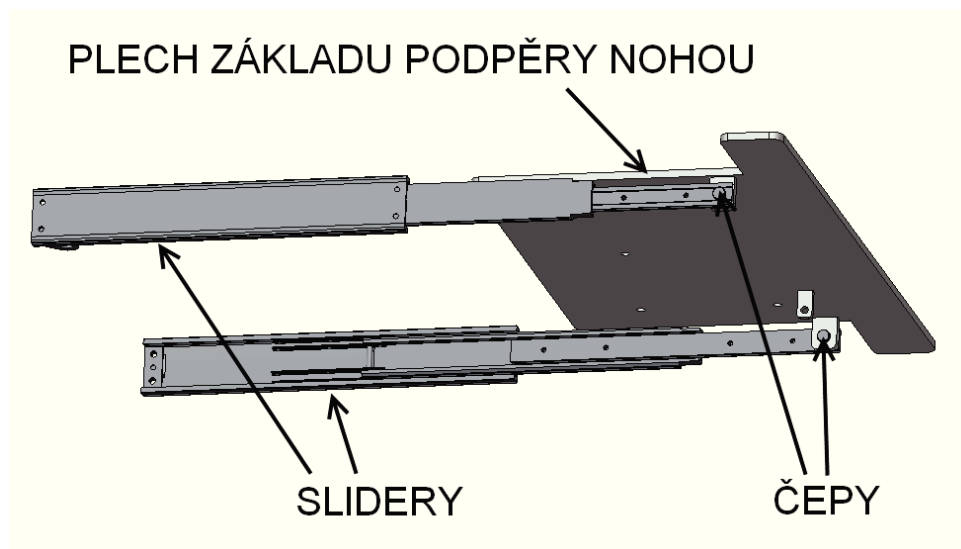
Podpěra nohou se v základní poloze nachází v přední části sedadla (viz obr. 16).



Obr. 16 – Složený rám podpěry nohou VARIANTA A

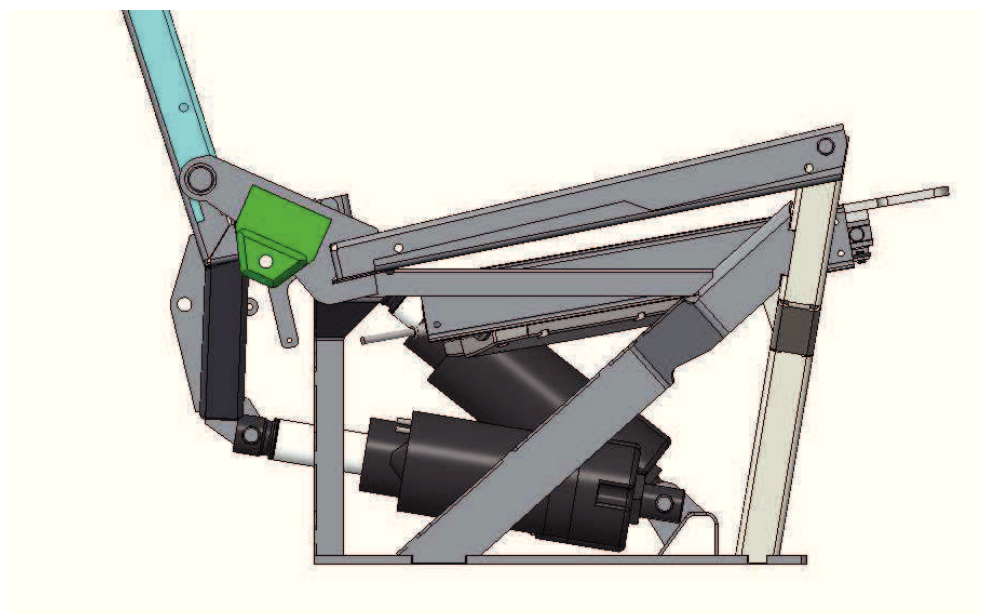


**Varianta B** je výsuvná. Hlavním nosným prvkem podpěrky nohou jsou teleskopické lišty, "slidery" značky Chambrelan s označením RA44-ocel. Tyto slidery se uchytí k pevnému rámu pomocí svarů a tvoří lineární vedení výsuvu. Dle normy se počítá s hmotností dolních končetin cca 20 kg. Nosnost sliderů v páru je 80 kg, což požadavek dostatečně splňuje. Podpěra nohou není určena k tomu, aby se na ní sedělo.



Obr. 17 – Rám podpěry nohou VARIANTA B

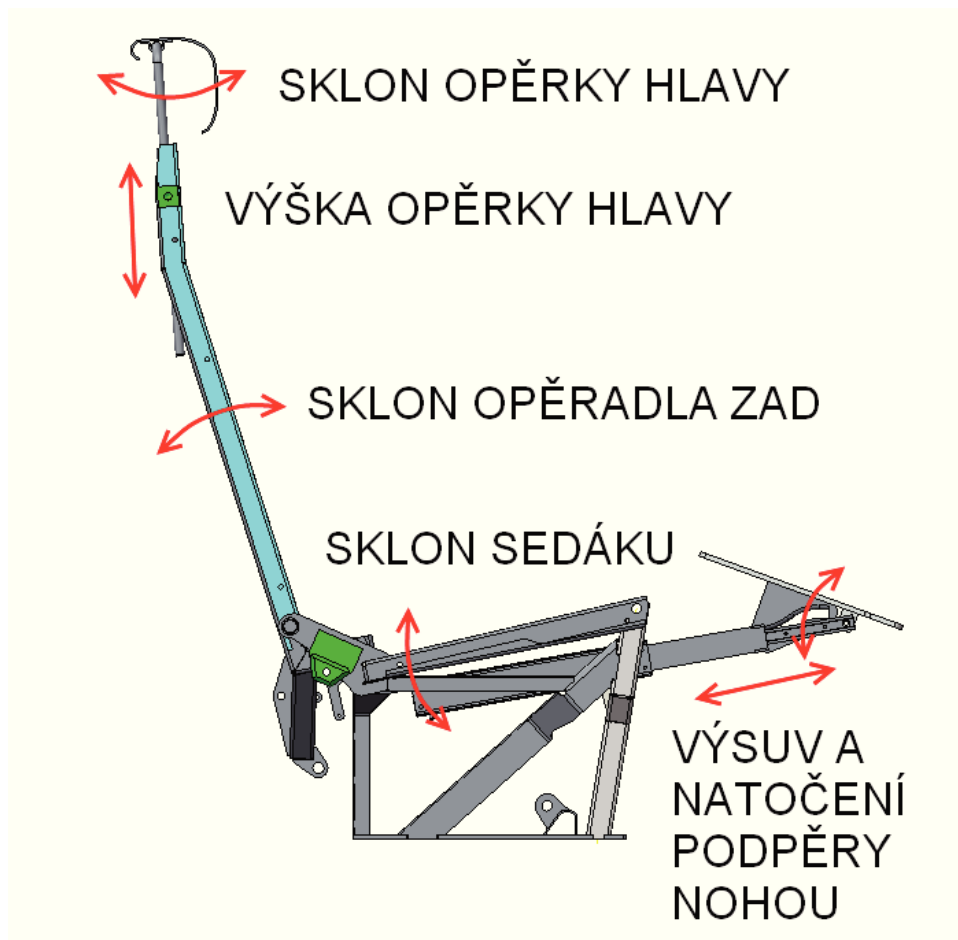
Podpěra nohou je v základní poloze zasunuta pod sedákem, což je výhodou této varianty.



Obr. 18 – Složený rám podpěry nohou VARIANTA B

## 5.2 Polohování sedadla

Pro zvýšení pohodlnosti sedadla slouží polohování různých jeho částí. Navrhované sedadlo má různé možnosti polohování pomocí elektrických pohonů a také ručně. Pro polohování sedadla jsou použity elektrické pohony viz Kapitola 5.3.



Obr. 19 – Možné polohování sedadla

Ruční polohování je použito pro nastavení výšky a sklonu opěrky hlavy. Opěrka hlavy je popsána v kapitole 5.4.

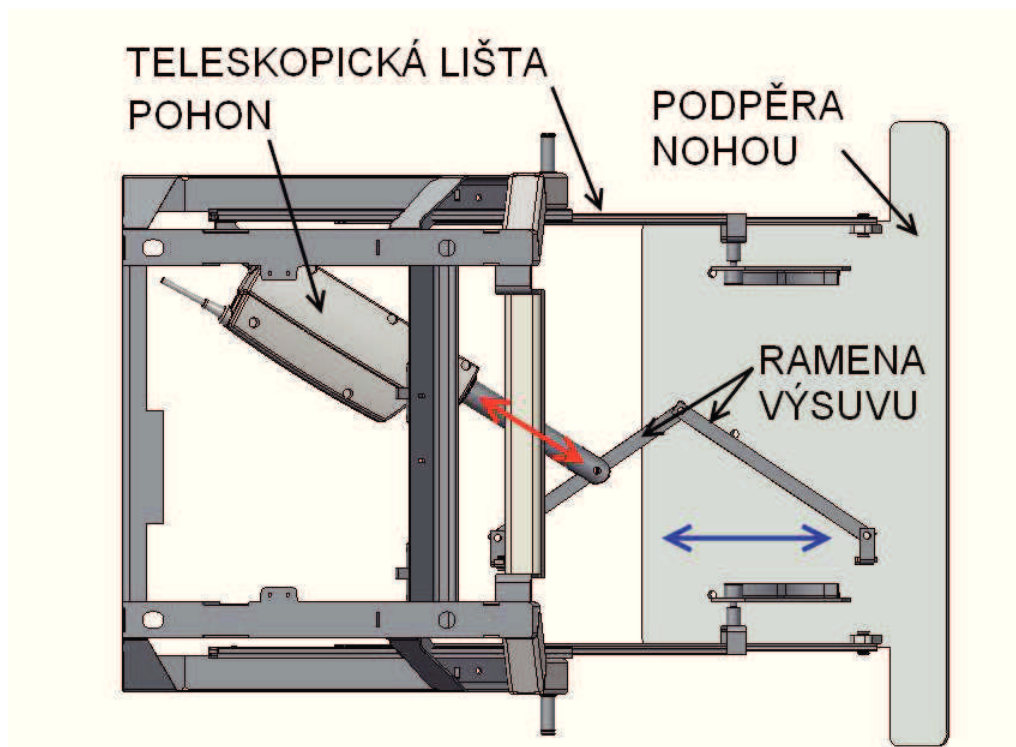
Mezi elektricky ovládaná polohování sedadla patří:

- **Polohování opěradla** – Opěradlo je ve spodní části uchyceno k sedáku pomocí osy. K polohování dochází otáčením v této ose. Rozmezí úhlu natočení je dáno velikostí výsuvu pohonu.
- **Nastavení sklonu sedáku** – Sedák je uchycen pomocí čepů k pevné spodní části rámu, která je nepohyblivě připevněna k rámu vozidla pomocí šroubů.

- **Výsuv popř. nastavení podpěry nohou** – Polohování podpěry nohou je závislé na vybrané variantě použité podpěry. **Varianta A** je zobrazena a popsána v kapitole 5.1.

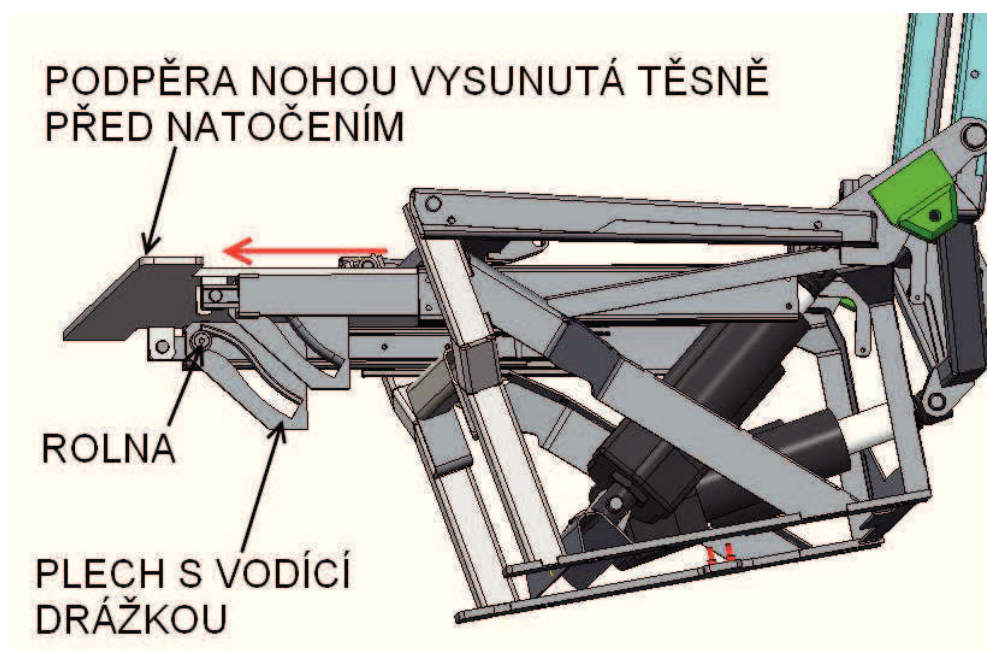
Polohování **Varianty B** se skládá ze dvou pohybů:

- Prvním pohybem při polohování je lineární výsuv na teleskopických lištách. Výsuv je poháněn elektrickým lineárním aktuátorem působícím na ramena.



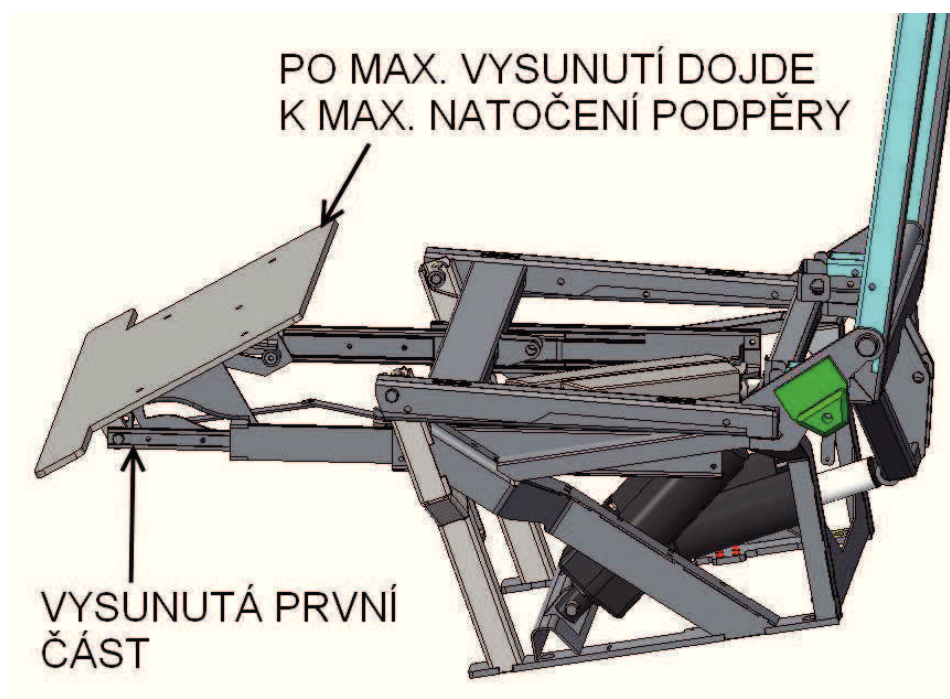
Obr. 20 – Výsuv podpěry nohou (spodní pohled)

- Druhým pohybem je natočení v otočných čepech. Pro natočení podpěrky nohou jsou k základní desce podpěry přivařeny plechy s vodícími drážkami. Tyto drážky slouží k řízenému naklopení podpěry, ke kterému dojde postupně při vysouvání podpěry. Drážky jsou vyrobeny pomocí lisování, kdy se prostřížením a ohnutím plechu drážky vytvoří vedení. Po vedení se posouvají rolly (dle Příloha D), které je nutné připevnit k druhé části výsuvné lišty. Tvar drážky určuje rychlost naklápění. Při zasouvání se podpěra rovnoměrně sklopí.



Obr. 21 – Natáčení podpěry nohou (VARIANTA B)

K maximálnímu natočení podpěry nohou dojde po maximálním výsuvu. Nevýhodou je, že pokud chce uživatel měnit úhel podpěry, bude současně měnit její délku.



Obr. 22 – Maximální natočení podpěry nohou (VARIANTA B)

### 5.3 Pohony pro polohování sedadla

- Každý **seřizovací a přestavovací systém** musí zahrnovat zajišťovací systém, který musí pracovat automaticky. Zajišťovací systém pro loketní opěrky nebo pro jiná zařízení ke zlepšení pohodlí nejsou nutná, s výjimkou, kdy taková zařízení způsobí další nebezpečí poranění cestujících v případě kolize [3].
- **Ovladač**, který odblokuje přestavovací systém, musí být umístěn na vnější straně sedadla u dveří, musí být snadno dostupný, a to i pro cestujícího na sedadle, které je bezprostředně za uvažovaným sedadlem [3].

Dle zadavatele je žádoucí použití stávajících lineárních pohonů značky Linak. V sedadle EXCELLENT byl pro polohování opěrky zad použit pohon Linak LA27C. Tento pohon je vyvinut tak aby mohl být použit pro zatížení v tahu i tlaku. Základní únosnost pohonu La27C je:

- maximum v tlaku: 6000 N
- maximum v tahu: 4000 N



Obr. 23 – Pohon Linak LA27

Zdroj: <http://www.linak.cz/products/Linear-Actuators.aspx?product=LA27C> 7.3.2013

Jelikož jsou bezpečnostní pásy součástí sedadla, bude na opěradlo působit velké zatížení. Proto jsem se rozhodl hledat pohony s větší únosností.

Při hledání vhodného pohonu jsem vybíral pohon vyhovující dvěma hlavními požadavkům. Požadavkům dovoleného zatížení pohonu a rozměrům pohonu.

V katalogu pohonů Linak jsem z hlediska dovoleného zatížení našel pouze jeden vyhovující s označením LA36 (dovolené namáhání 10 000 N). Tento pohon je ovšem určen pro práci v nejobtížnějších podmínkách. Tomu odpovídají i jeho rozměry, které jsou pro zástavbu sedadla nevhovující.



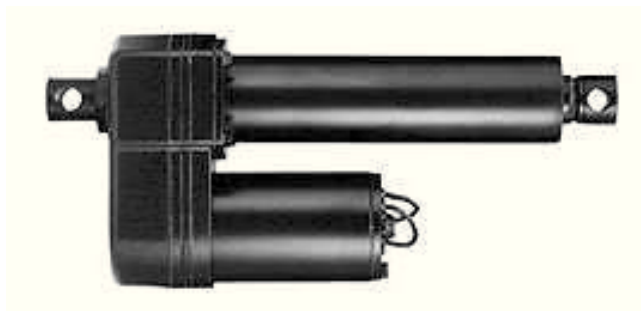
Obr. 24 – Lineární aktuátor Linak LA36

Zdroj: <http://www.linak.cz/products/Linear-Actuators.aspx?product=LA36> 7.3.2013

### 5.3.1 Volba pohonu pro polohování opěradla

Jelikož mezi produkty firmy Linak, nebyl žádný vyhovující aktuátor, bylo nutné hledat u jiných výrobců. Při průzkumu internetu jsem našel aktuátor **ELECTRAK 10** od americké firmy Thomson. Tento pohon má nejvyšší únosnost z produktů nabízených na internetu, při vhodných rozměrech potřebných pro mé sedadlo. Proto jsem po konzultaci s vedoucím práce zvolil tento pohon.

Hlavním nosným prvkem pohonu je samosvorný šroub. Díky samosvornosti je tedy vyřešen i ustavovací systém.



Obr. 25 – Aktuátor Electrak 10

Zdroj:

[http://www.thomsonlinear.com/website/com/eng/products/actuators/electrak\\_10.php](http://www.thomsonlinear.com/website/com/eng/products/actuators/electrak_10.php)

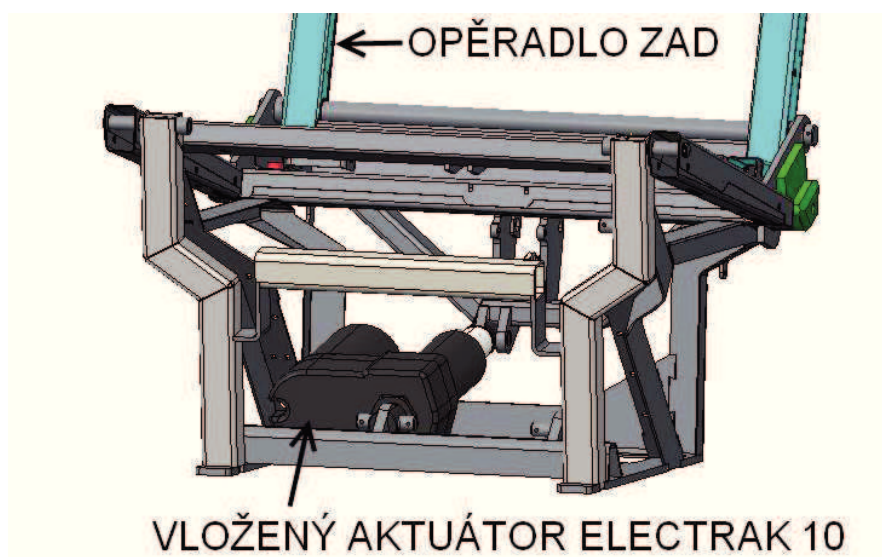
8.3.2013



Tab. 1 – Technické parametry pohonu Electrak 10 dle [9]

Technické parametry Electrak 10	Samosvorný šroub
Vstupní napětí	12, 24, 36 V
Maximální délka zdvihu	610 mm
Maximální dynamické zatížení	2 250 N
Maximální statické zatížení	11 350 N
Rychlost posuvu bez zátěže	54 mm/s
Rychlost posuvu se zátěží	32 mm/s

Rozměry pohonu jsou uvedeny v příloze A.

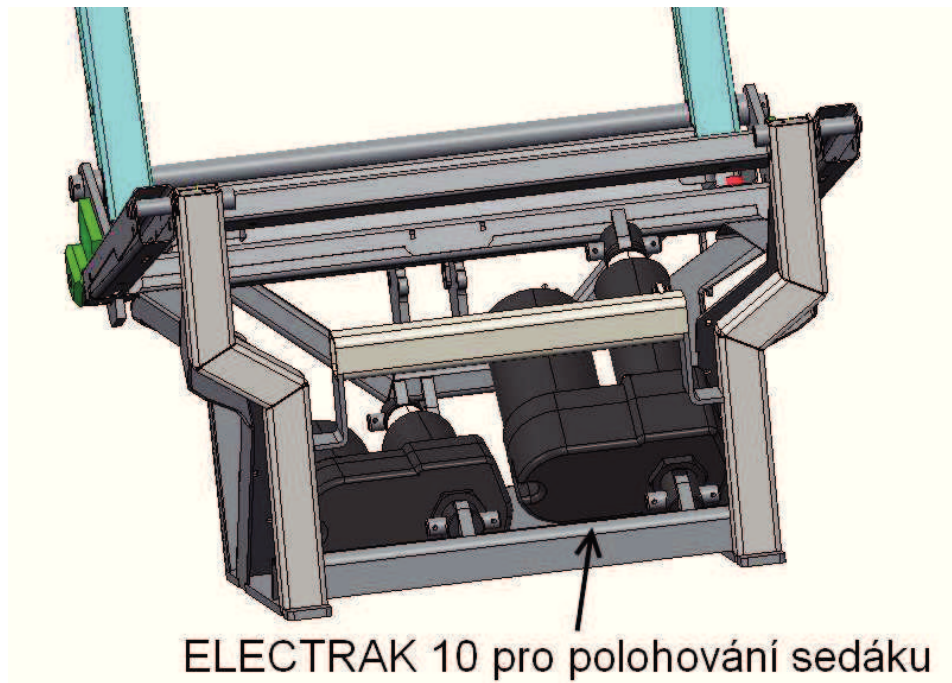


Obr. 26 – Vložený pohon pro polohová opěradla

Pohon je na obou svých koncích připevněn pomocí čepů. Čepy jsou opatřeny otvory pro závlačky, což slouží k jejich axiálnímu zajištění. Pouzdra pro uložení čepů jsou k nosné konstrukci sedadla připevněny svařem.

### 5.3.2 Pohon pro polohování sedáku

Pohon polohování sedáku bude zatížen tahem i tlakem. Proto je potřeba použít aktuátor s vyšší tlakovou únosností. Pro tento účel jsem také použil aktuátor Electrak 10, který má vysokou únosnost a přitom vyhovující rozměry (viz obr. 27).



Obr. 27 – Vložený pohon pro polohování sklonu sedáku

### 5.3.3 Pohon pro polohování podpěry nohou:

U varianty A je výklopný systém podpěry nohou poháněn lineárním aktuátorem Linak LA27. Výsuv varianty B je poháněn menším motorem Linak LA12. Tento pohon je mnohem menší a lehčí (rozměry viz Příloha B). Základní údaje o aktuátoru LA12 udává Tab. 2.

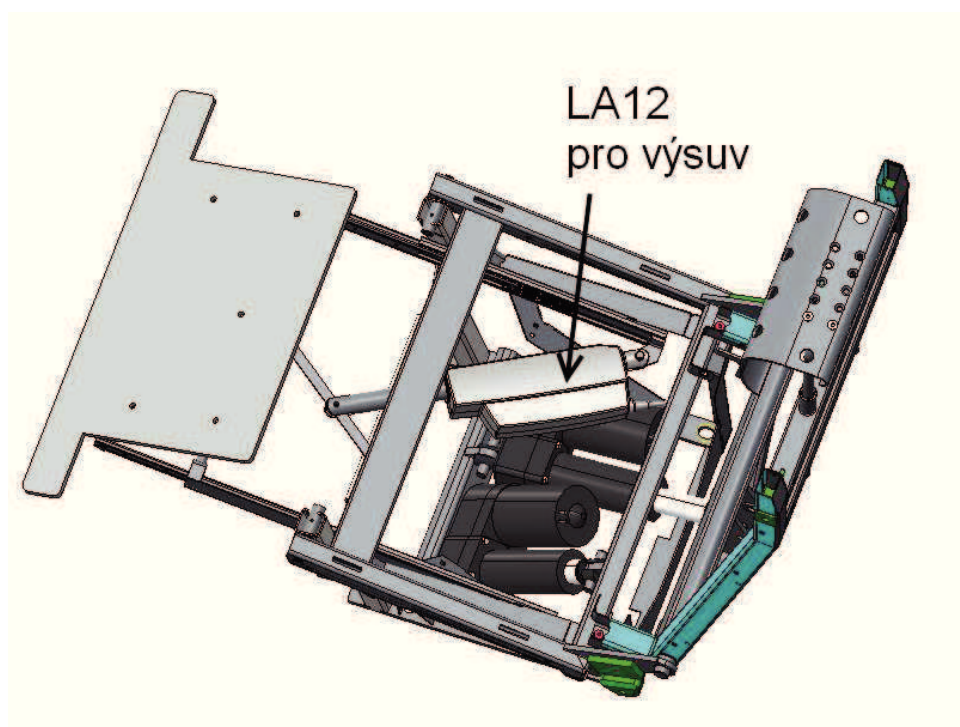


Obr. 28 – Aktuátor Linak LA12 [10]

Tab. 2 – Parametry aktuátoru LA12 [10]

Technické parametry LA12	Samosvorný šroub
Vstupní napětí	12 V
Maximální délka zdvihu	130 mm
Max. zatížení tlakem při pohybu	750 N
Maximální statické zatížení v tlaku	750 N
Rychlost posuvu při plné zátěži	14 mm/s

Aktuátor LA12 je připevněn na obou koncích otočně pomocí čepů. Jelikož se počítá se zatížením cca 200 N (20 kg) a to pouze tlakem, zejména při výsuvu, má tento pohon dostatečnou únosnost. Díky menším rozměrům je vhodný pro bezproblémovou zástavbu v již omezeném prostoru.



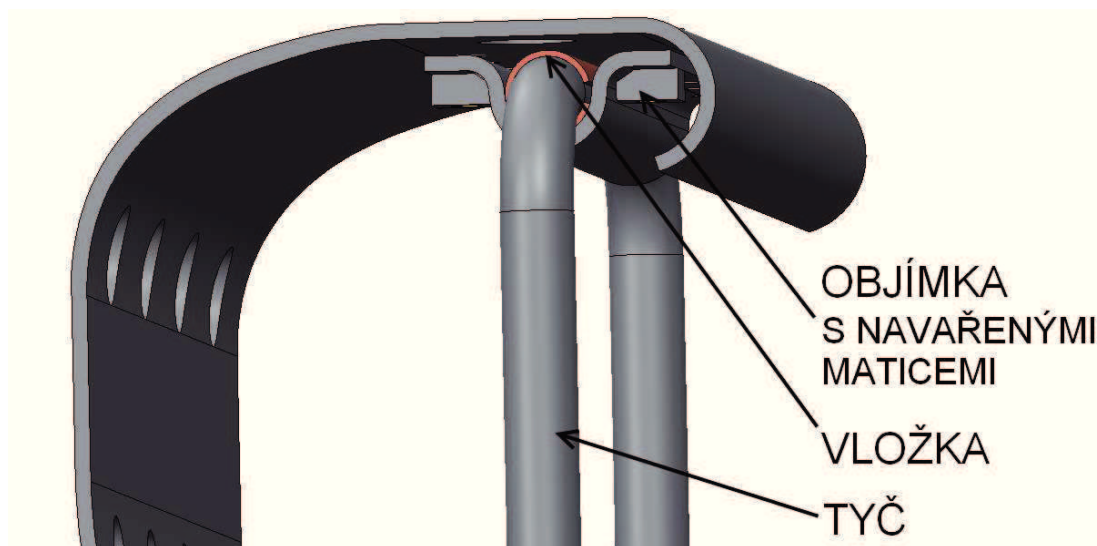
Obr. 29 – Vložený aktuátor LA12 pro výsuv podpěry nohou

## 5.4 Návrh výškově nastavitelné opěrky hlavy

Sedadlo pro vozidlo kategorie M<sub>1</sub> musí mít mimo jiné výškově nastavitelnou opěrku hlavy. Protože se jedná o luxusní sedadlo, musí být opěradlo polohovatelné tak, aby vyhovělo požadavkům luxusu pasažérů. Navržené opěradlo se dá polohovat výškově a pomocí natočení opěráku.

Výškové polohování je řešeno pomocí ručního posunování celé opěrky ve vodících sloupcích. Polohování je omezeno zářezy v nosné tyči. Tyto zářezy slouží k výškovému zajištění opěrky hlavy.

Natočení opěráku se také provádí ručně. Nosná tyč je k plechu přichycena pomocí objímky, což vytváří svěrný spoj. Tento spoj vzniká spojením plechu a objímky deseti šrouby M6. Velikost natočení je omezena dvěma ohyby na koncích plechu.



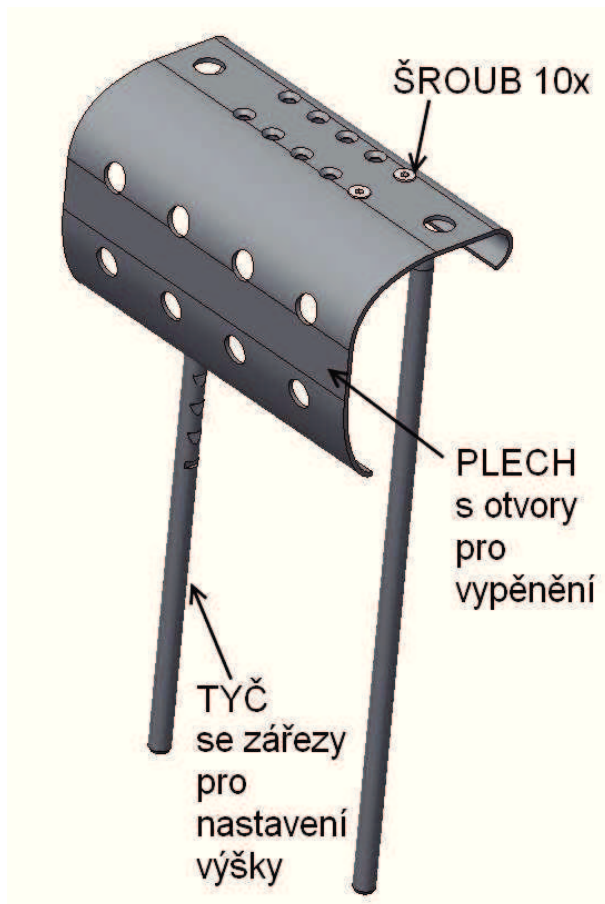
Obr. 30 – Opěrka hlavy, svěrný spoj

Navržená opěrka hlavy se skládá z následujících čtyř částí:

- **Tyč** – je vyrobená z ohýbané tyče Ø12 mm. Je hlavní nosnou částí celé opěrky hlavy. Přenáší ohybový moment od hlavy cestujícího.
- **Objímka** – je vyrobená z ohýbaného plechu tloušťky 2,5 mm. Je to základní součást polohování opěrky. Tato objímka je opatřena deseti maticemi, které jsou k objímce přivařeny pomocí technologie odporového svařování. Operace přivaření matic se musí provést před samotnou montáží sestavy opěrky hlavy.

▪ **Vložka** – je to plastová vložka sloužící pro lepší přilnutí objímky k tyči, nebo-li ke zvýšení tření mezi tyčí a objímkou + plechem.

▪ **Plech** – je součást vyrobená z plechu tloušťky 2,5 mm pomocí technologie lisování. V plechu je záměrně vystřiženo deset otvorů Ø16 mm. Tyto otvory slouží k dalšímu postupu výroby opěradla, kdy se opěradlo vloží do formy a tato forma je vyplněna měkkou pěnovou výplní. Výplň po vyplnění formy projde skrz otvory, čímž se spojí. V dalším postupu se opěradlo ocalouní, což vytvoří finální výrobek.



Obr. 31 – Opěrka hlavy

Opěrka hlavy musí splňovat bezpečnostní podmínky dané předpisem EHK 17.

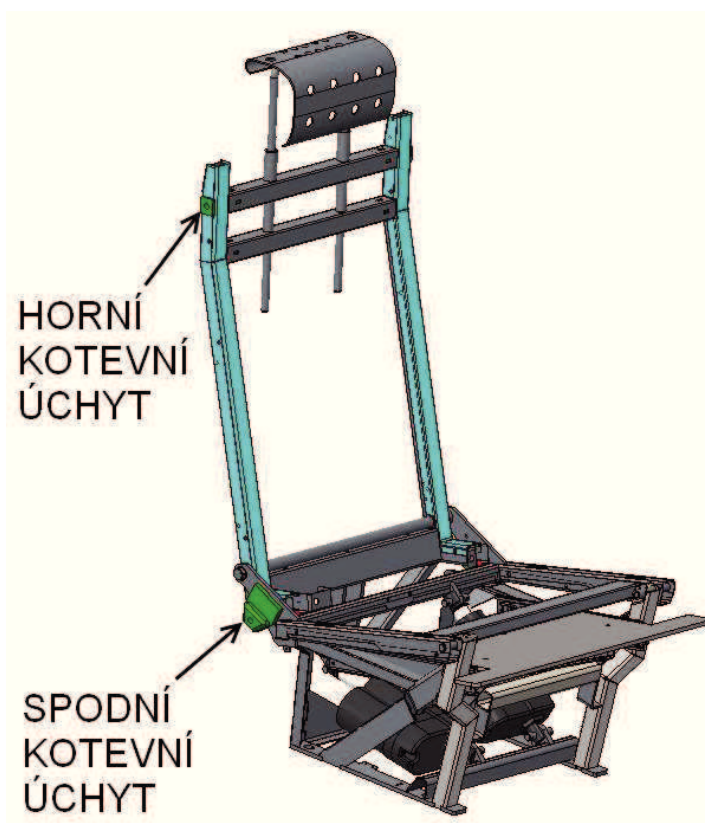
Mezi tyto podmínky patří:

- minimální výška opěrky hlavy viz kapitola 6.1,
- kontrola únosnosti opěrky hlavy viz kapitola 7.4.

## 5.5 Návrh typu a počtu kotevních úchytů pro bezpečnostní pásy

Pro sedadlo jsem zvolil jako vhodný tříbodový bezpečnostní pás (viz kapitola 6.2). Tato volba vychází z počtu kotevních úchytů pro bezpečnostní pásy předepsanému normou EHK 14 a uvedeném v kapitole 6.3.

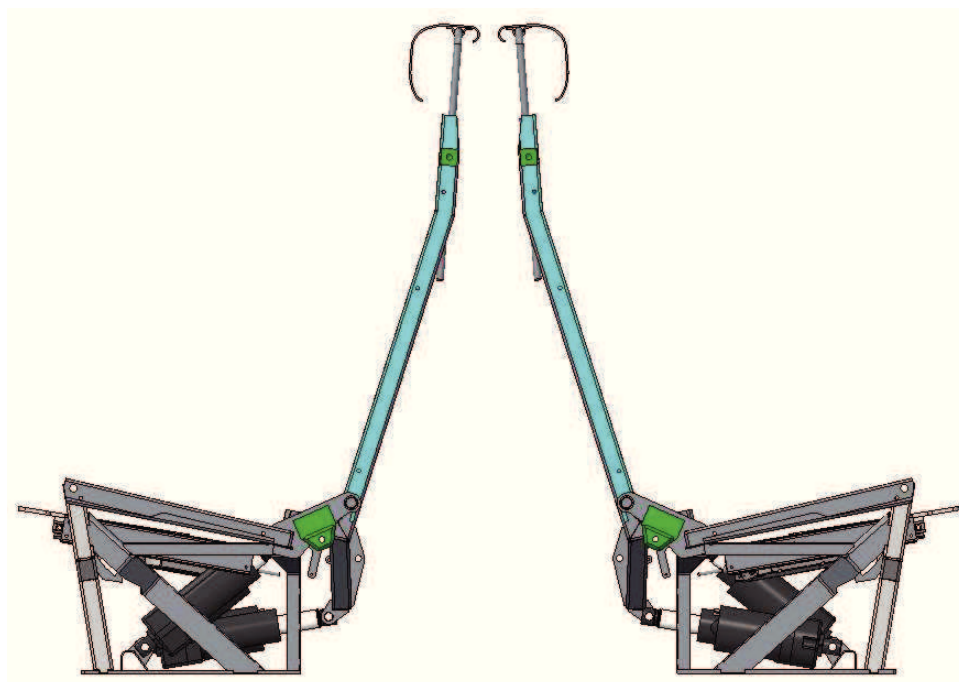
Jak napovídá název, pro tříbodový bezpečnostní pás je nutné, aby na nosném rámu sedadla byly vyrobeny a umístěny tři kotevní úchyty. Dva dolní kotevní úchyty slouží pro připevnění spony bezpečnostního pásu a pevného konce pásu. Jeden horní kotevní úchyt pro umístění buď přímo odvíjecího zařízení, nebo pro vedení pásu v poloze požadované normou. Umístění těchto kotevních úchytů odpovídá požadavkům EHK 14 (viz kapitola 6.4).



Obr. 32 – Kotevní úchyty

Pro universálnost provedení jsou spodní úchyty umístěny symetricky, což je popsáno v kapitole 6.3 a také je to viditelné z obr. 33. Horní kotevní úchyt je na obou stranách konstrukce opěradla sedadla, aby nemuselo být rozlišováno mezi sedadlem pravým a levým při sériové výrobě.





Obr. 33 – Pohled na sedadlo z pravé a levé strany

Pro upevnění bezpečnostních pásů jsem použil normou předepsaný závit. Kotevní úchyt musí mít otvor se závitem o průměru 7/16" (20 UNF 2B) dle [2].

## 6 Předpisy

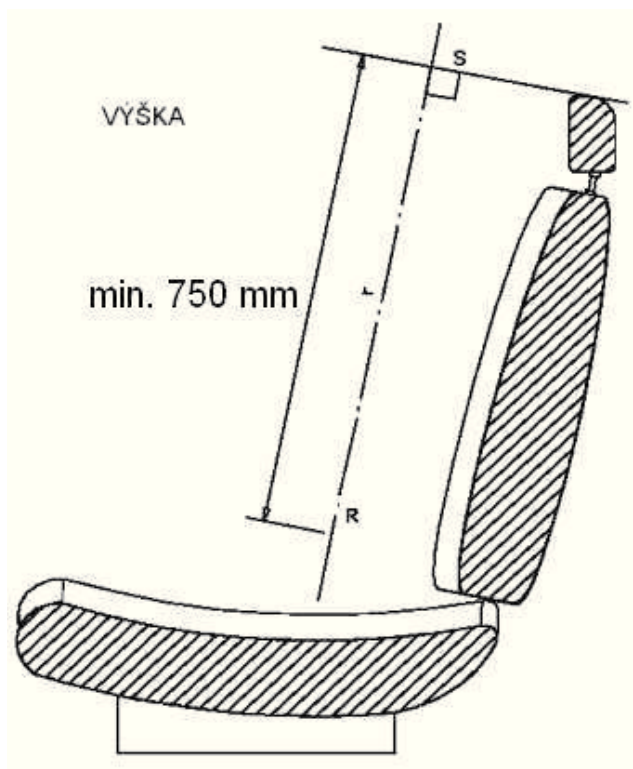
Konstrukčním návrh sedadla musí splňovat následující předpisy:

Předpis č. 17 (EHK 17) je jednotným ustanovením pro homologaci vozidel z hlediska sedadel, jejich ukotvení a opěrek hlavy.

Předpis č. 14 (EHK 14) se zabývá jednotným ustanovením pro homologaci vozidel z hlediska kotevních úchytů bezpečnostních pásů, systémů ukotvení Isofix, horních kotevních úchytů Isofix a míst k sedění I-Size.

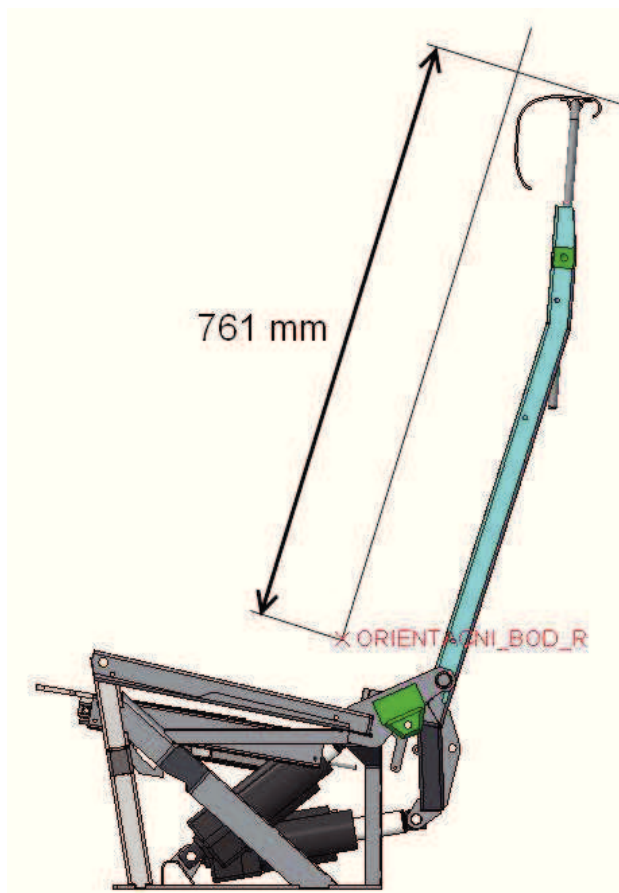
### 6.1 Výška opěrky hlavy

- **Opěrka hlavy** musí být namontována na každém krajním sedadle ve všech vozidlech kategorie M<sub>1</sub>. Přítomnost opěrky hlavy nesmí vytvářet další nebezpečí pro cestující ve vozidle. Zejména nesmí vykazovat v jakékoli použitelné poloze žádné nebezpečné nerovnosti povrchu, nebo ostré hrany, které by mohly zvyšovat nebezpečí nebo vážnost poranění cestujících. Výškově seřiditelné opěrky hlavy musí mít výšku nejméně 750 mm, tato hodnota musí být naměřena v poloze mezi nejvyšší a nejnižší možnou nastavitelnou polohou. [3]



Obr. 34 – Minimální výška nastavitelné opěrky hlavy

Navržené opěradlo je v nejnižší možné nastavitelné poloze vysoké 761 mm vzhledem k R bodu. Návrh tedy splňuje podmínku výšky stanovenou předpisem EHK 17.

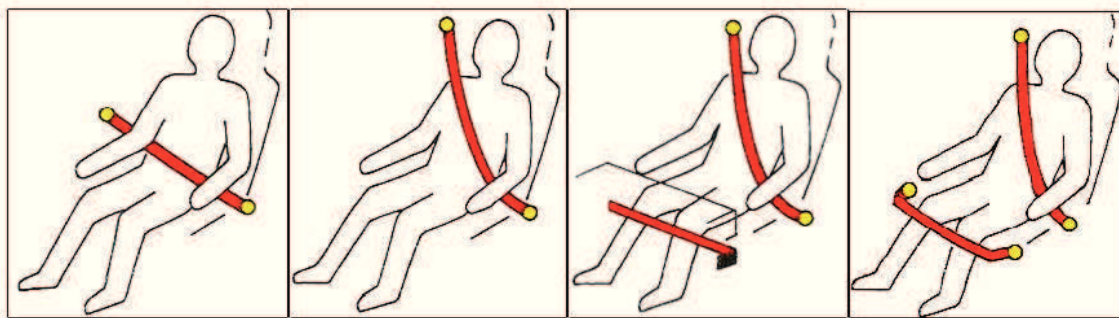


Obr. 35 – Výška navržené opěrky hlavy

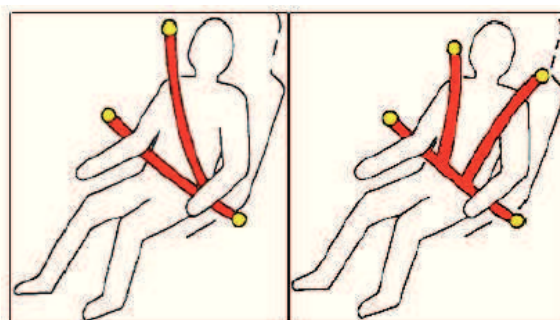
## 6.2 Bezpečnostní pásy

Bezpečnostní pás je zařízení používané v dopravních prostředcích pro zvýšení bezpečnosti pasažérů a pro snížení následků případné nehody. Pomocí něho je pasažér připoután k sedadlu. Společně s dětskou autosedačkou (resp. „dětským zadržným systémem“) patří mezi zadržné bezpečnostní systémy.

Pásy se obvykle rozdělují na typy podle počtu bodů, jimiž je pasažér připoután (spojen s autem), na 2bodové až 7bodové, druhů pásu však existuje podstatně víc, můžeme je dále dělit na samonavíjecí (jiné už dnes v nabídce asi ani nenajdeme), s automatickým napínačem dále snižujícím riziko poranění v případě nehody atd. V autech se běžně používají 3bodové a 2bodové (břišní) pásy. [6]



Obr. 36 – Dvoubodový bezpečnostní pás: břišní, diagonální, diagonální s kolenní opěrkou, ramenní a kolenní [6]



Obr. 37 – Bezpečnostní pás tříbodový a čtyřbodový typu šle [6]

U mého sedadla určeného pro vozidlo kategorie  $M_1$  musí být dle EHK použit tříbodový pás (viz kapitola 6.3).

### 6.3 Minimální počet kotevních úchytů

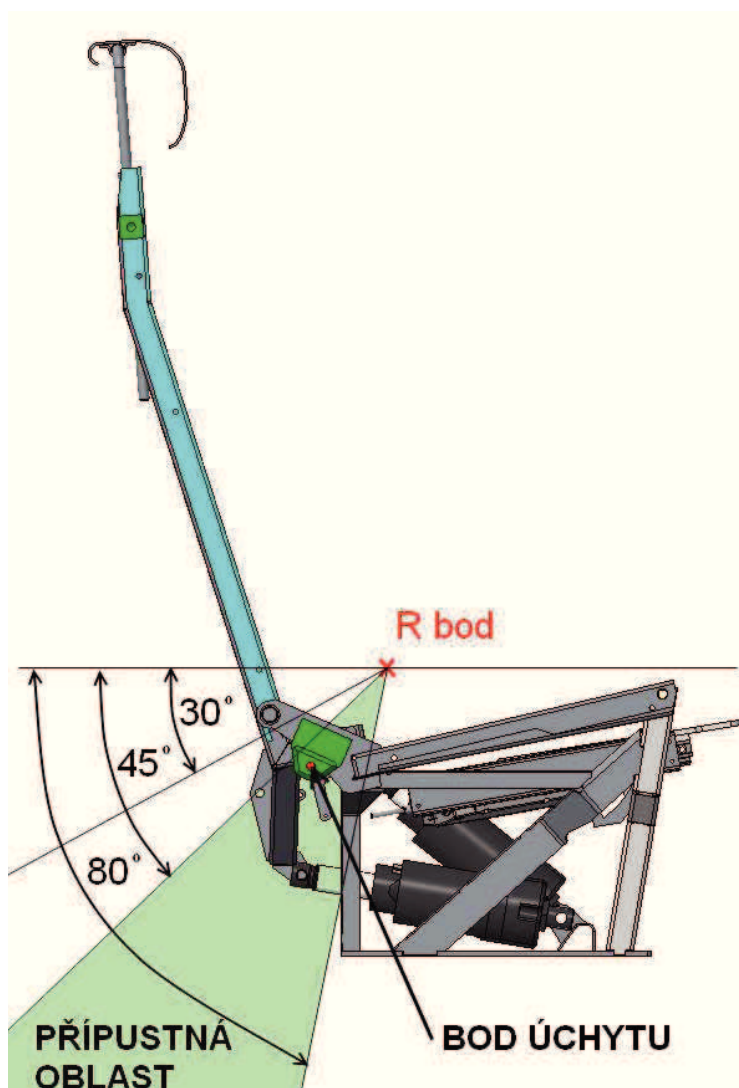
Tab. 3 – Minimální požadovaný počet kotevních úchytů [2]

MINIMÁLNÍ POČET KOTEVNÍCH ÚCHYTŮ							
Kategorie vozidla	Místa k sedění směřující					Dozadu	Do strany
	Dopředu						
	Vnější		Střední				
	Přední	Ostatní	Přední	Ostatní			
M <sub>1</sub>	3	3	3	3	2	-	
M <sub>2</sub> ≤ 3,5 t	3	3	3	3	2	-	
M <sub>2</sub> > 3,5 t	3 ⊖	3 nebo 2 $\parallel$	3 nebo 2 $\parallel$	3 nebo 2 $\parallel$	2	-	
M <sub>3</sub>	3 ⊖	3 nebo 2 $\parallel$	3 nebo 2 $\parallel$	3 nebo 2 $\parallel$	2	2	
N <sub>1</sub>	3	3 nebo 2 ∅	3 nebo 2 *	2	2	-	
N <sub>2</sub> , N <sub>3</sub>	3	2	3 nebo 2 *	2	2	-	

## 6.4 Poloha kotevních úchyťů pásů [2]

Z předpisu EHK 14 vyplívá, že sedadlo kategorie  $M_1$  musí mít tři kotevní úchyty (viz kapitola 6.3). Je tedy jasné, že musí být použit tříbodový bezpečnostní pás (viz obr. 37). Kotevní úchyty téhož pásu, mohou být připevněny buď všechny k nosné konstrukci vozidla, nosné konstrukci sedadla nebo kombinací uvedených možností. V diplomové práci jsem předpokládal variantu, kdy se kotevní úchyty nacházejí na nosné konstrukci sedadla.

Umístění kotevních úchyťů pro jednotlivé kategorie vozidel je popsán v předpisu EHK 14. Toto umístění je limitováno úhly  $\alpha_1$  a  $\alpha_2$ . Úhel  $\alpha_2$  je rozmezí umístění kotevního úchyty pro připevnění spony bezpečnostního pásu. Úhel  $\alpha_1$  se nachází na opačné straně, než je spona bezpečnostního pásu. V motorových vozidlech kategorie  $M_1$  musí být úhel  $\alpha_1$  mezi  $30^\circ \div 80^\circ$ , úhel  $\alpha_2$  pak mezi  $45^\circ \div 80^\circ$ .



Obr. 38 – Oblast umístění spodních úchyťů

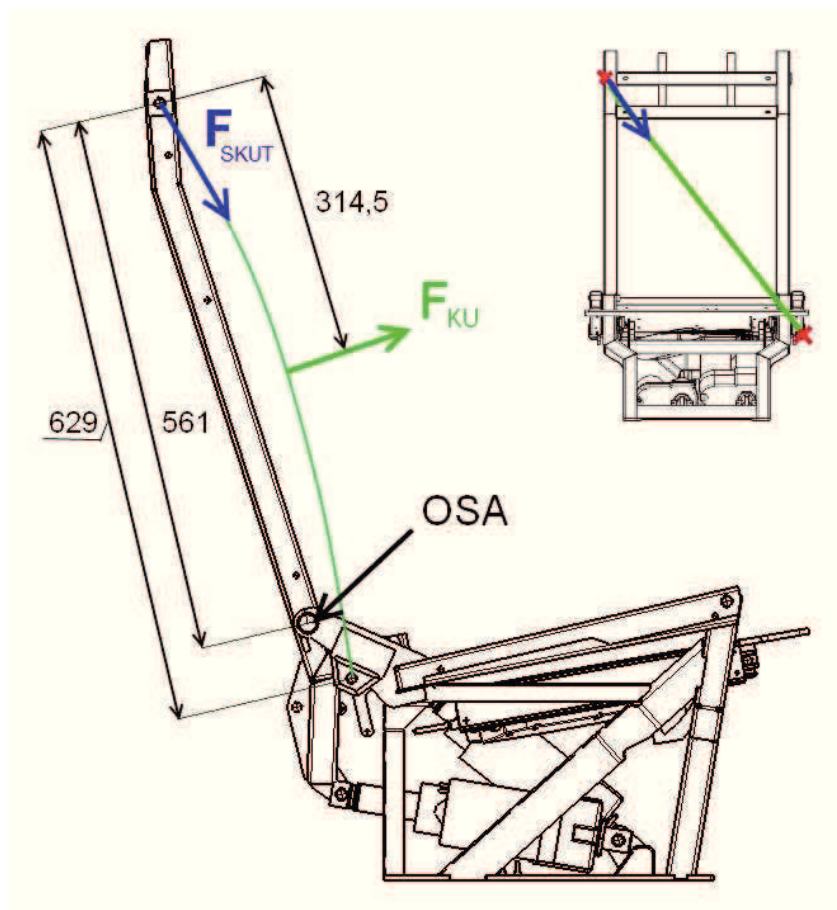
Při návrhu umístění kotevních úchytů jsem postupoval tak, aby polohy úchytů na pravé i levé straně byly zrcadlové podle střední roviny sedadla. Tento postup jsem použil z toho důvodu, aby se při montáži dodržoval vždy stejný postup bez ohledu na to, zda se jedná o sedadlo umístěné ve vozidle vpravo či vlevo, neboli na které straně sedadla se nachází spona bezpečnostního pásu. Aby mohlo být umístění kotevních úchytu symetrické, musí se bod kotevního úchytu nacházet ve společné přípustné oblasti vymezené úhly  $\alpha_1$  a  $\alpha_2$ . Tato oblast a poloha bodu kotevního úchytu je znázorněna na obr. 38.



## 7 Pevnostní kontrola zvolených součástí

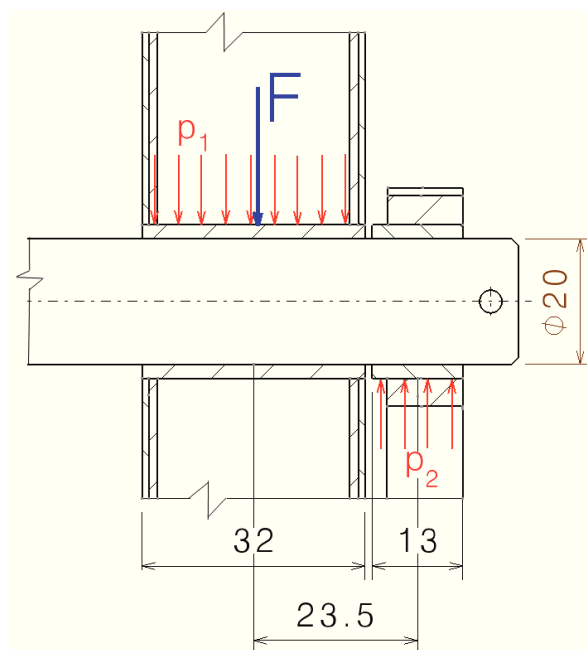
Pevnostní kontroly zvolených součástí byly prováděny dle [4], [5].

### 7.1 Pevnostní kontrola osy spojující opěradlo s rámem sedáku



Obr. 39 – Schéma zatížení opěradla při zkoušce kotevních úchytlů

Na tuto osu působí síla, která je vyvozena kontrolou kotevních úchytlů umístěných na rámu sedadla. Na napínací přípravek připojený ke kotevním úchytlům téhož pásu se působí zkušební silou  $F_{KU} = 13\,500\text{ N}$  pomocí přípravku napodobujícího geometrii popruhu ramenního pásu (viz obr. 39). Protože síla  $F_{KU}$  působí na dva kotevní úchyty a z toho jen jeden se nachází na opěradle, síla působící na opěradle bude cca poloviční, tedy  $F = 6750\text{ N}$ . Skutečná síla působící na opěradlo působí ve směru zkušebního popruhu. Skutečná síla  $F_{SKUT}$  je zobrazena na obr. 39. Protože směr a velikost síly  $F_{SKUT}$  jsou těžko určitelné, počítám se silou  $F = 6750\text{ N}$ . Dá se předpokládat, že síla  $F_{SKUT}$  by byla menší. Přesnou hodnotu skutečné zatěžující síly  $F_{SKUT}$  lze zjistit pouze experimentálním měřením. Síla  $F = 6750\text{ N}$  vyvolá na pohon polohování opěradla zatížení, až  $20000\text{ N}$ . Na toto zatížení kontroluji čep opěradla.



Obr. 40 – Zatížení osy opěradla

#### • Materiál čepu

Pro čepy opěradla jsem zvolil ocel 1.0718 ( $R_e = 440$  MPa). Dovolенý tlak materiálu 1.0718 je  $p_D = 120$  MPa dle [11].

#### • Dovolенé napětí ve smyku

$$\tau_{Ds(1.0718)} = \frac{\tau_{Kt}}{k_S} = \frac{0,677 \cdot R_e}{k_S} \quad \tau_{Ds(1.0718)} = \frac{0,677 \cdot 440}{1,5} \quad (1)$$

$$\tau_{Ds(1.0718)} = 198,6 \text{ MPa}$$

#### • Napětí ve smyku

$$\tau_s = \frac{F}{2 \cdot S} \quad \tau_s = \frac{20000}{2 \cdot \frac{\pi \cdot 20^2}{4}} \quad (2)$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad \tau_s = 31,83 \text{ MPa}$$

$$\tau_s < \tau_{Ds(1.0718)} \Rightarrow 31,83 \text{ MPa} < 198,6 \text{ MPa}$$

Osa spojující rám opěradla a rám sedáku VYHOVUJE požadavkům kontrolního pevnostního výpočtu ve smyku.

• **Dovolené napětí**

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k_S}$$

$$\sigma_D = \frac{440}{1,2}$$

$$\underline{\underline{\sigma_D = 367 \text{ MPa}}}$$

(3)

• **Napětí v ohybu**

$$\sigma_o = \frac{M_o}{2 \cdot W_o}$$

$$\sigma_o = \frac{20000 \cdot 23,5}{2 \cdot \frac{\pi \cdot 20^3}{32}}$$

$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$\underline{\underline{\sigma_o = 299,2 \text{ MPa}}}$$

(4)

$$\sigma_o < \sigma_D$$

Osa vyhovuje kontrole na ohyb.

• **Kontrola na otlačení**

Kontrola na stykové ploše  $l_{32} = 32 \text{ mm}$ :

$$p_1 = \frac{F}{S} \leq p_D$$

$$p_1 = \frac{20000}{20 \cdot 32}$$

$$S = d \cdot l_{32}$$

$$\underline{\underline{p_1 = 31,25 \text{ MPa} < 120 \text{ MPa}}}$$

(5)

Kontrola na stykové ploše  $l_{13} = 13 \text{ mm}$ :

$$p_2 = \frac{F}{S} \leq p_D$$

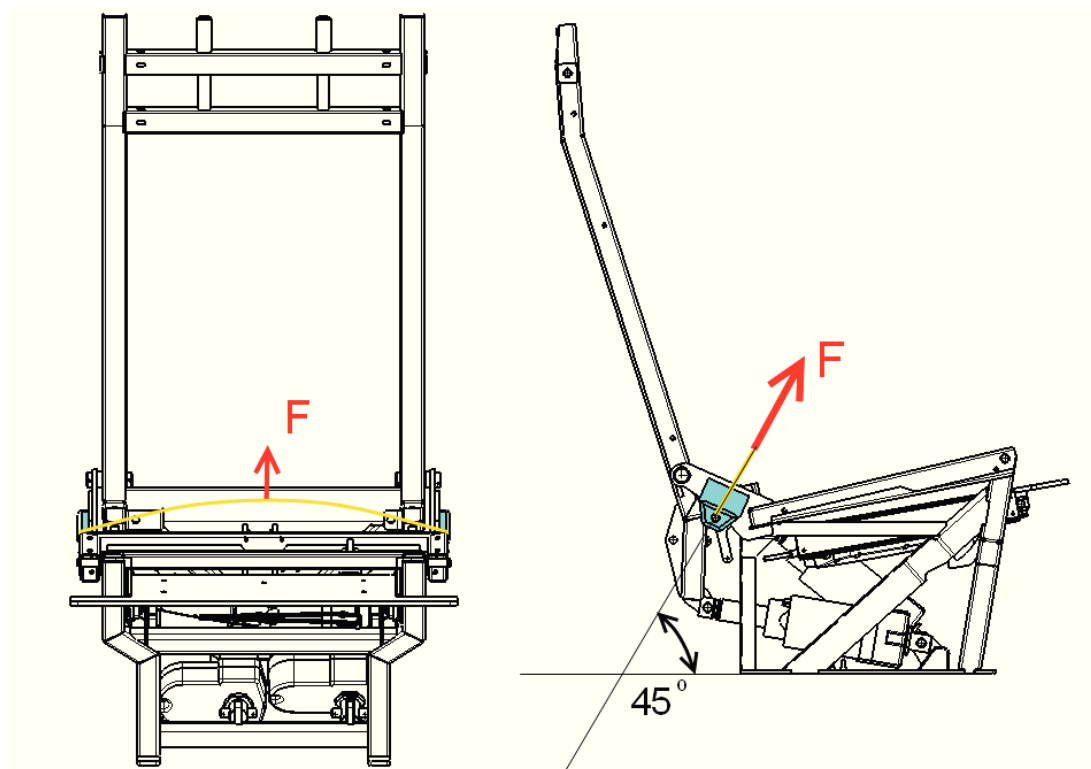
$$p_2 = \frac{20000}{20 \cdot 13}$$

$$S = d \cdot l_{13}$$

$$\underline{\underline{p_2 = 76,9 \text{ MPa} < 120 \text{ MPa}}}$$

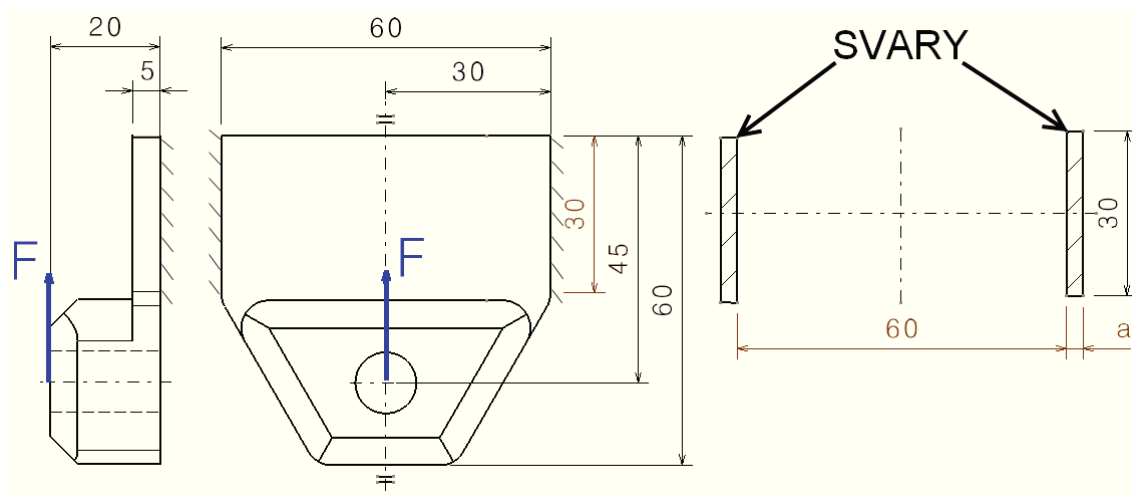
Osa spojující rám opěradla a rám sedáku VYHOVUJÍ požadavkům kontrolních pevnostních výpočtů.

## 7.2 Kontrola svarů spodních kotevních úchytů



Obr. 42 - Schéma zatížení sedáku při zkoušce dolních kotevních úchytů

Největší zatížení je způsobeno zkouškou spodních kotevních úchytů, kdy na protější úchyty působí síla  $F_{KU} = 13\,500\text{ N}$  (viz obr. 42). Protože působí rovnoměrně na dva úchyty zároveň, počítám při kontrole svarů jednoho kotevního úchytu se silou poloviční  $F = 6\,750\text{ N}$ . Při kontrole svarů počítám pouze boční koutové svary, které budou přenášet největší zatížení.



Obr. 43 – Kontrola svarů spodních kotevních úchytů

Pro materiál 11 373 je  $R_e = 220\text{ MPa}$  dle [1]. Rozměr svaru  $a = 3\text{ mm}$ .

• **Dovolené napětí materiálu 11 373 (S235JRG1, 1.0036)**

$$\sigma_{Dsv} = \frac{R_e}{k_s} \qquad \sigma_{Dsv} = \frac{220}{1,2} \qquad (6)$$

$$\underline{\underline{\sigma_{Dsv} = 183,3 \text{ MPa}}}$$

• **Napětí od posouvající síly**

$$\tau_{II1} = \frac{F_{KU}}{2 \cdot S_{SV1}} \qquad \tau_{II1} = \frac{6750}{2 \cdot 3 \cdot 30} \qquad (7)$$

$$S_{SV1} = a \cdot 30 \qquad \underline{\underline{\tau_{II1} = 37,5 \text{ MPa}}}$$

• **Napětí od ohybového momentu**

$$\tau_{\perp 1} = \frac{M_o}{W_{osv}} \qquad \tau_{\perp 1} = \frac{6750 \cdot 20}{2 \cdot \frac{3 \cdot 30^2}{6}} \qquad (8)$$

$$W_{osv} = 2 \cdot \frac{a \cdot l^2}{6} \qquad \underline{\underline{\tau_{\perp 1} = 150 \text{ MPa}}}$$

• **Celkové napětí ve svaru**

$$\sigma_{red} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{\perp}}{k_3}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{II}}{k_4}\right)^2} \qquad \sigma_{red} = \sqrt{\left(\frac{150}{0,75}\right)^2 + \left(\frac{37,5}{0,65}\right)^2} \qquad (9)$$

$$\underline{\underline{\sigma_{red} = 208,15 \text{ MPa}}}$$

kde  $k_3 = 0,75$  je převodní součinitel podle [5],

kde  $k_4 = 0,65$  je převodní součinitel podle [5].

• **Dovolené napětí ve svaru**

$$\sigma_{dov} = \beta \cdot \sigma_{Dsv} \qquad \sigma_{dov} = 1,1731 \cdot 183,3 \qquad (10)$$

$$\underline{\underline{\sigma_{dov} = 215,03 \text{ MPa}}}$$

kde  $\beta$  je součinitel tloušťky koutového svaru podle [5],

$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot z \qquad \beta = 1,3 - 0,03 \cdot z \qquad (11)$$

$$\underline{\underline{\beta = 1,1731}}$$

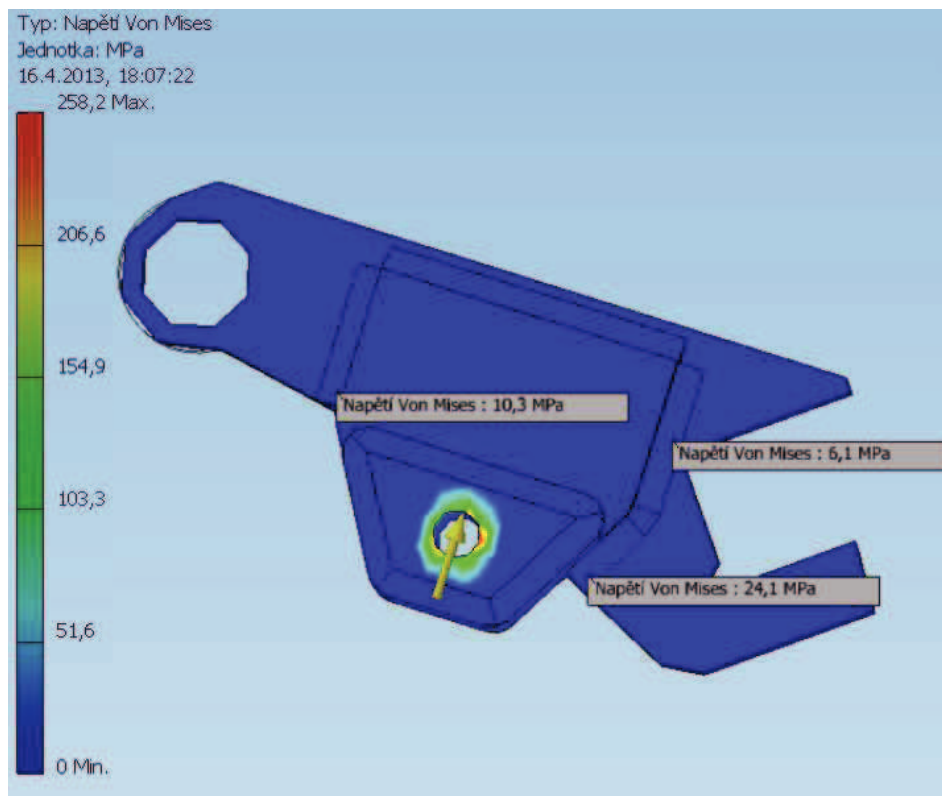
kde  $z$  je nosný průřez koutového svaru podle [5],

$$z = 1,41 \cdot a \qquad z = 1,41 \cdot 3 \qquad (12)$$

$$\underline{\underline{z = 4,23}}$$

Svary vyhovují pevnostnímu výpočtu.

### 7.3 Kontrola dolního kotevního úchyty



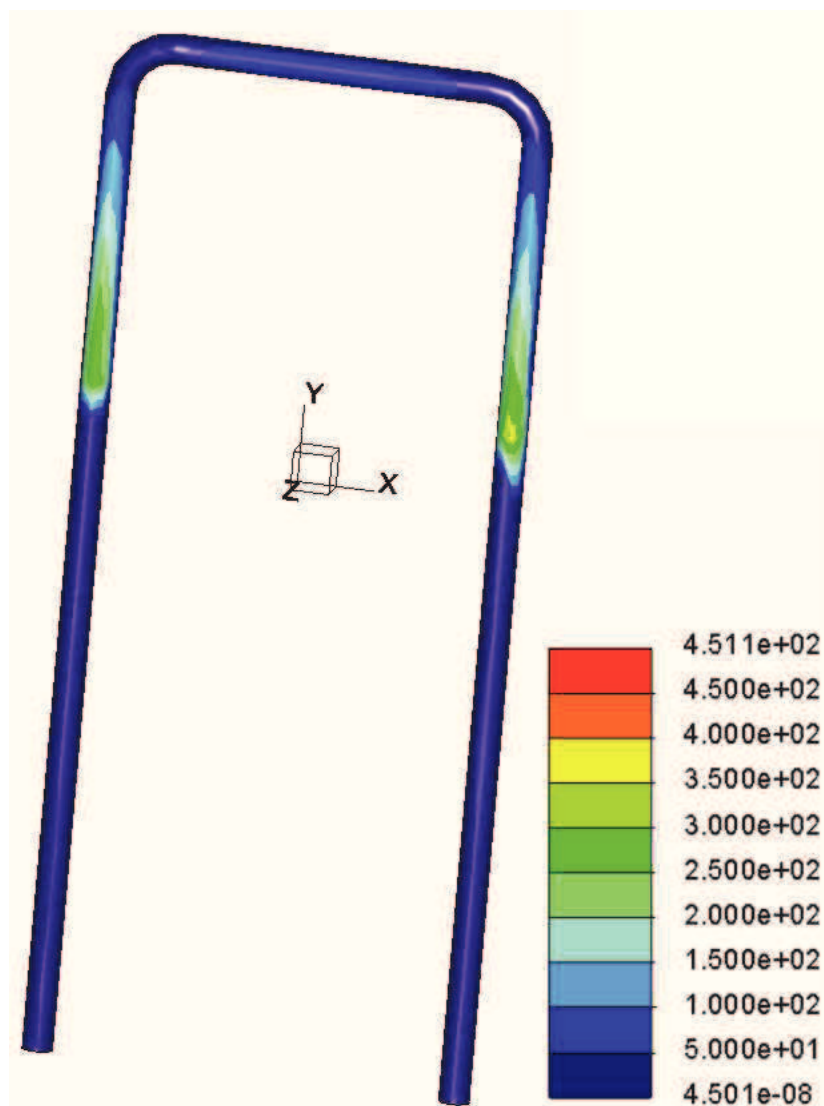
Obr. 44 – Kontrola dolního kotevního úchyty v programu Inventor

Z obr. 44 je patrné, že napětí se koncentruje v závitě otvoru. Navržený kotevní úchyt vyhovuje požadavkům dle předpisu EHK 14.



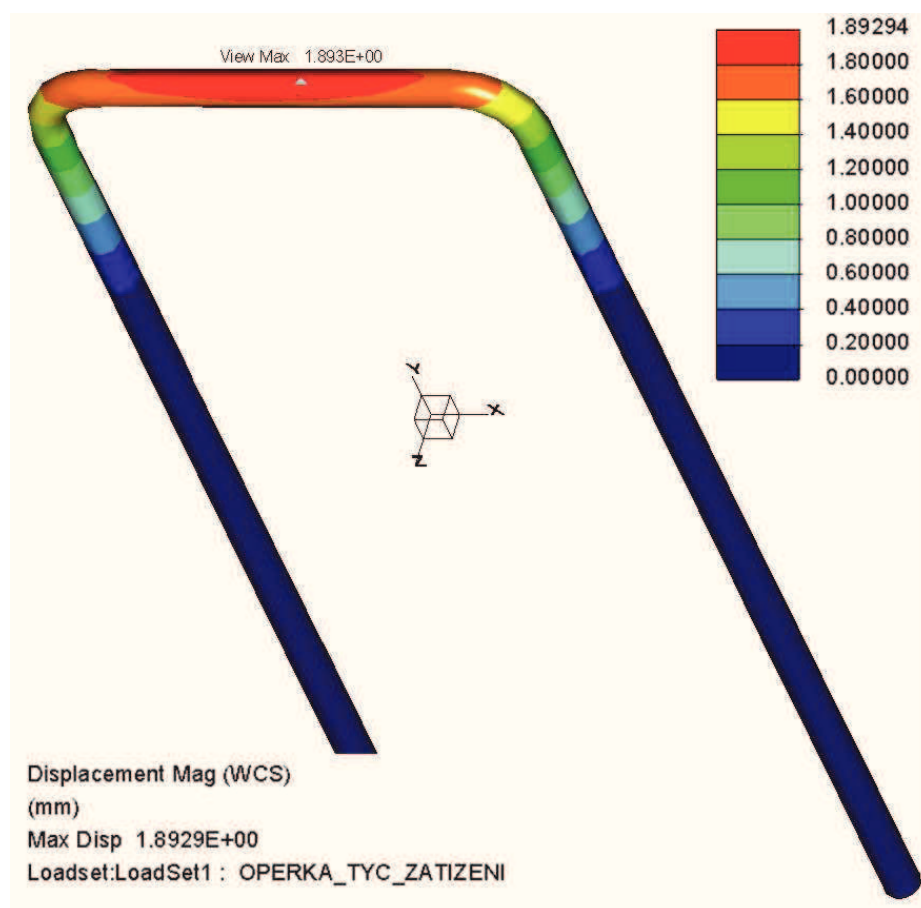
## 7.4 Kontrola opěrky hlavy

Opěrka hlavy musí splňovat bezpečnostní předpisy. Při zkoušce účinnosti se na opěrku hlavy působí silou 890 N. Toto zatížení působí na nosnou tyč opěrky (viz obr. 31). Opěrka hlavy vyhovuje, pokud nedojde k lomu nosné tyče. Tyč je kontrolována programem Creo 2.0.



Obr. 45 – Napětí HMH opěrky hlavy v MPa

Maximální napětí v nosné tyči při zatížení silou  $F = 890 \text{ N}$  je 451 MPa.



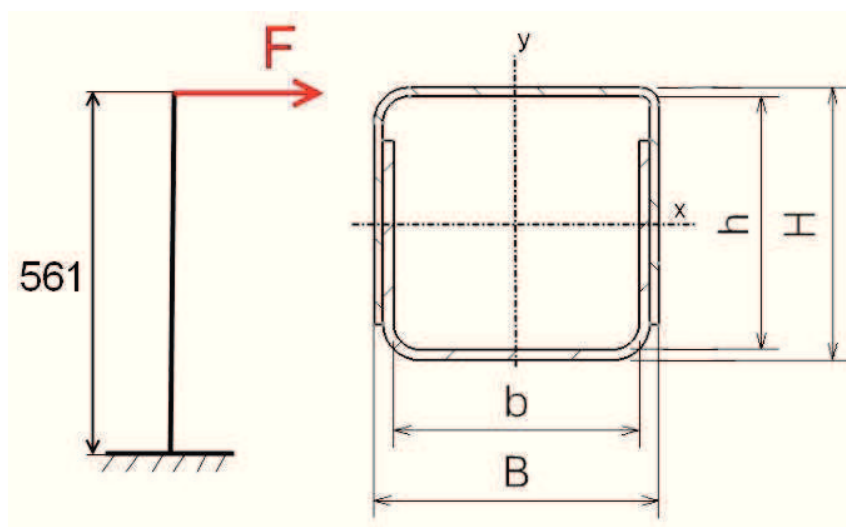
Obr. 46 – Deformace nosné tyče opěrky hlavy

Z obr. 46 je patrné, že při daném zatížení dojde k deformaci menší než 2 *mm*. Výsledek výpočtu je vyhovující požadavkům dle EHK 17.

## 7.5 Kontrola pevnosti opěradla zad

K největšímu zatížení opěradla zad dochází při zkoušce kotevních úchytů, kdy na horní kotevní úchyt působí síla  $F = 6750 \text{ N}$  (dle 7.1.1). Je potřeba zkontrolovat pevnost opěradla zad na ohyb. Postup zkoušky kotevních úchytů je patrný z obr. 39.

Rám opěradla výchozího sedadla Excellent je vyroben ze dvou plechů tvářených do profilu U. Tyto plechy jsou spojeny svary. Po spojení tvoří obdélníkový profil (viz obr. 47). Materiál plechů je vysoko-pevnostní ocel DOCOL 1200 M. Tento materiál má  $R_e = 1000 \text{ MPa}$  (viz Příloha C).



Obr. 47 – Zjednodušené schéma zatížení opěradla a jeho průřezu

### • Moment od zatěžující síly

$$M_o = F \cdot l$$

$$M_o = 6750 \cdot 561$$

$$M_o = 3786750 \text{ Nmm}$$

(13)

### • Dovolené napětí materiálu DOCOL 1200M

$$\sigma_{D(Docol1200M)} = \frac{R_e}{k_s}$$

$$\sigma_{D(Docol1200M)} = \frac{1000}{1,2}$$

$$\sigma_{D(Docol1200M)} = 833 \text{ MPa}$$

### • Modul průřezu v ohybu výchozího profilu

$$W_{o(výchozí)} = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6H}$$

$$W_{o(výchozí)} = \frac{32 \cdot 31^3 - 27,6 \cdot 28,8^3}{6 \cdot 31}$$

$$W_{o(výchozí)} = 1581 \text{ mm}^3$$

(14)

• **Napětí výchozího rámu opěradla v ohybu**

$$\sigma_{o(\text{výchozí})} = \frac{M_o}{W_o}$$

$$\sigma_{o(\text{výchozí})} = \frac{3786750}{1581}$$

$$\sigma_{o(\text{výchozí})} = \underline{\underline{2395 \text{ MPa}}}$$

$$\sigma_{o(\text{výchozí})} \gg \sigma_{D(\text{Docol1200M})}$$

Rám opěradla výchozího sedadla neodpovídá pevnostním požadavkům. Pro potřeby mého sedadla je tedy potřeba změnit průřez, nebo navrhnout opěradlo složitějších tvarů a tedy vyšší  $W_o$  podobně jako na obr. 8.

**Změna průřezu pro potřeby mého sedadla:**

• **Rozměry:**  $B = 70 \text{ mm}$

$$b = 62 \text{ mm}$$

$$H = 31 \text{ mm}$$

$$h = 27 \text{ mm}$$

• **Modul průřezu v ohybu výchozího profilu**

$$W_{o(\text{nový})} = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6H}$$

$$W_{o(\text{nový})} = \frac{70 \cdot 31^3 - 62 \cdot 27^3}{6 \cdot 31}$$

$$W_{o(\text{nový})} = \underline{\underline{4651 \text{ mm}^3}}$$

• **Napětí výchozího rámu opěradla v ohybu**

$$\sigma_{o(\text{nový})} = \frac{M_o}{W_o}$$

$$\sigma_{o(\text{nový})} = \frac{3786750}{4651}$$

$$\sigma_{o(\text{nový})} = \underline{\underline{814,2 \text{ MPa}}}$$

$$\sigma_{o(\text{nový})} < \sigma_{D(\text{Docol1200M})}$$

Nový průřez vyhovuje pevnostním požadavkům.

## 8 Závěr

Hlavní cíl této diplomové práce vychází z jejího názvu. Navrhnout koncept luxusního sedadla do autokaru. Autokarem je v tomto případě myšleno vozidlo dodávkového typu kategorie M1. Návrh konceptu, dle zadavatele BORCAD cz s.r.o., vychází z již vyráběného a na trhu dostupného sedadla s názvem Excellent.

Sedadlo Excellent je navrženo tak, aby vyhovovalo požadavkům sedadel pro kolejová vozidla. Jako celek ovšem nevyhovuje předpisům pro sedadla používaná v silničních vozidlech kategorie M<sub>1</sub>. Proto bylo potřeba navrhnout nutné úpravy a změny výchozího sedadla pro použití v silničním vozidle. Při návrhu sedadla jsem vycházel z předpisů EHK 14 a EHK 17.

Hlavní změny jsou na nosném rámu sedadla. Aby mohlo být sedadlo použitelné v silničním vozidle, bylo potřeba odstranit pevné opěrky rukou, upravit opěradlo zad včetně jeho upevnění k rámu sedáku, navrhnout výškově nastavitelnou opěrku hlavy a navrhnout kotevní úchyty pro připevnění bezpečnostních pásů.

Protože sedadla pro silniční vozidla kategorie M<sub>1</sub> musí mít výškově nastavitelnou opěrku hlavy, bylo nutné tuto opěrku navrhnout. Navržená opěrka hlavy splňuje rozměrové i bezpečnostní požadavky předpisů EHK 17. S návrhem výškově nastavitelné opěrky hlavy souvisí i úprava výšky opěradla zad. Při návrhu výšky opěradla jsem vycházel z běžných hodnot výšek opěradel zad z různých vozidel, které jsem zjistil při průzkumu trhu a ověřil si je experimentálním měřením.

Luxusní sedadlo by mělo být pohodlné, ale zároveň bezpečné. Pro dosažení pohodlnosti má sedadlo polohovatelný sklon opěradla zad a sedáku, sklon natočení opěrky hlavy a nastavitelnou výšku opěrky hlavy. Pro zvýšení komfortnosti má sedadlo polohovatelná podpěru pod nohy. Tato podpěra je navržena variantně. První varianta podpěry nohou je výklopná. Nosný rám této varianty je složen z jehlů, které jsou otočně spojeny pomocí čepů. Čepy jsou zajištěny pojistnými kroužky. Rám je pohyblivý a tvoří jakýsi kyvný mechanismus, který umožňuje polohování podpěry. Druhá varianta je výsuvná. U této varianty jsou hlavním nosným prvkem podpěry nohou teleskopické lišty. Tyto lišty se uchytí k pevnému rámu pomocí svarů a tvoří lineární vedení výsuvu. Pro natočení podpěry nohou jsou k základní desce podpěry přivařeny plechy s vodíci drážkami. Tyto drážky slouží k řízenému naklopení podpěry, ke kterému dojde postupně při vysouvání či zasouvání podpěry.

Pro dosažení komfortnosti sedadla je polohování sedadla zajištěno pomocí elektrických pohonů. Dle zadavatele bylo žádoucí použití stávajících lineárních pohonů značky Linak. Pro polohování opěrky nohou jsem navrhl použít pohon Linak LA12, který vyhovuje svou únosností při ideálních rozměrech. Původní pohony pro polohování sedáku a opěradla zad ovšem svou únosností nevyhovovaly požadavkům mého sedadla. Tyto pohony jsou při provozu namáhány velkým zatížením, které je v předpise EHK 14 simulováno velikostí síly zatěžující kotevní úchyty. Skutečná síla působící na rám sedadla se dá zjistit pouze experimentálním měřením. Proto jsem pro polohování opěradla zad a sedáku zvolil nejúnosnější pohony (Electrak 10), s vhodnými rozměry pro potřebu mého sedadla, nalezené při průzkumu internetu. Pro požadavky zadaného sedadla ovšem doporučuji navrhnout vlastní pohon vyrobený na zakázku.

Pro dodržení bezpečnostních předpisů silničního provozu bylo nutné navrhnout typ bezpečnostních pásů a s tím i umístění kotevních úchytů pro tyto pásy. Kotevní úchyty byly navrženy dle předpisu EHK 14. Umístění kotevních úchytů jsem navrhl tak, aby při sériové výrobě sedadla nebylo nutné rozlišovat mezi pravým a levým sedadlem, tedy na které straně se připevní pevná část pásu a na které část se sponou. Pevnost kotevních úchytů je kontrolována zkouškami popsanými v tomto předpise. Jelikož jsou kotevní úchyty při zkouškách podrobeny velkým zatížením simulujícím náraz vozidla do překážky, bylo nutné zkontrolovat jejich upevnění.

Pro kontrolu jsem udělal několik kontrolních výpočtů pro konstrukci a výrobu např. kontrolu osy spojující rám opěradla zad s rámem sedáku, kontrolu rámu opěradla zad, kontrolu účinnosti opěrky hlavy, kontrolu navrženého svarového spoje dolních kotevních úchytu a kontrolu samotných dolních kotevních úchytů.

Dolní kotevní úchyty a navržený svarový spoj pro připevnění dolních kotevních úchytů vyhovují pevnostním požadavkům daným zkouškou kotevních úchytů dle EHK 14.

Při kontrole rámu opěradla jsem zjistil, že pevnost rámu opěradla výchozího sedadla neodpovídá pevnostním požadavkům pro potřeby mého sedadla, je potřeba zesílit jeho průřez, nebo navrhnout opěradlo tvářené z plechu, složitějších tvarů a tedy vyšší pevností.

Osa otočně spojující opěradlo zad a rám sedáku vyhověla kontrolnímu pevnostnímu výpočtu na střih a tlak.



Dále jsem pomocí výpočtu v programu Creo 2.0 provedl kontrolu účinnosti opěrky hlavy dle EHK 17, kdy na nosnou tyč opěrky hlavy působí zatížení, přičemž z výsledků výpočtu vyplývá, že navržená opěrka hlavy vyhovuje bezpečnostním požadavkům.

Pro účely diplomové práce jsem vytvořil výkresovou dokumentaci v programu Catia V5R19 dle zadaného rozsahu. Jelikož se jedná pouze o koncepční návrh sedadla bez určitého designového návrhu, není vhodný tento koncept pro sériovou výrobu.

Při vypracování diplomové práce jsem využíval znalostí 3D programů, které jsem získal během studia na fakultě strojní VŠB-TU Ostrava. Ověřil jsem si své schopnosti při práci s pro mne doposud neznámými předpisy.

## 9 Seznam použité literatury

[1] LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *STROJNICKÉ TABULKY: Druhé doplněné vydání*. Praha: Albra, 2005, 907 s. ISBN 80-7361-011-6.

[2] EHK OSN. Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů č.14 - Jednotná ustanovení týkající se schvalování typu vozidel z hlediska kotevních úchytnů bezpečnostních pásů. 2012, 67 s.

[3] EHK OSN. Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů č.17 - Jednotná ustanovení pro homologaci vozidel z hlediska sedadel, jejich ukotvení a opěrek hlavy. 2012, 45 s.

[4] BOLEK, Alfred a Josef KOCHMAN. *Části strojů*. 5., přeprac. vyd. (v SNTL 1. vyd.). Praha: SNTL, 1989, 775 s. Česká matice techn. ISBN 80-030-0046-7.

[5] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007, 90 s. ISBN 978-80-248-1290-8.

[6] VLK, František. *Stavba motorových vozidel*. 1. vyd. Brno: Prof.Ing.František Vlk, DrSc., 2003, 499 s. ISBN 80-238-8757-2.

### Internetové zdroje

[7] Koncept. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-04-14]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Koncept>

[8] Kategorie silničních vozidel dle EHK. [online]. [cit. 2013-04-14]. Dostupné z: [http://homen.vsb.cz/~s1i95/mvd/Moodle/1\\_5.pdf](http://homen.vsb.cz/~s1i95/mvd/Moodle/1_5.pdf)

[9] *ELECTRAK 10* [online]. 2013 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: [http://www.thomsonlinear.com/website/com/eng/products/actuators/electrak\\_10.php](http://www.thomsonlinear.com/website/com/eng/products/actuators/electrak_10.php)

[10] *Linak LA12* [online]. 2013 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://catalog.linak.com/Linak/ENGLISH/DATASHEET/LinearActuatorLA12DataSheetEng/>

[11] *Automatové oceli: materiál 1.0718* [online]. 2008 [cit. 2013-04-30]. Dostupné z:  
<http://www.acsteel.cz/automatove-oceli.php>

## 10 Přílohy

Příloha A	Rozměry pohonu Electrak 10
Příloha B	Rozměry pohonu Linak LA12
Příloha C	Vlastnosti materiálu Docol 1200M
Příloha D	Pojezdové rolny T.E.A. TECHNIK s.r.o.
Příloha E	Sestavný výkres – SESTAVA, 000_STA633_000
Příloha F	Výrobní výkres – OSA OPĚRADLA, 000_STA633_002
Příloha G	Sestavný výkres – PODPERA NOHOU VYSUV, 001_STA633_000
Příloha H	Sestavný výkres – OPERKA HLAVY, 002_STA633_000
Příloha I	Sestavný výkres – SLIDER PRAVÝ, 004_STA633_000
Příloha J	Sestavný výkres – SLIDER LEVÝ, 005_STA633_000
Příloha K	Sestavný výkres – VYSUV, 006_STA633_000
Příloha L	Sestavný výkres – SLIDE-ROLNA UCHYT, 008_STA633_000
Příloha M	Výrobní výkres – CEP_1, 001_STA633_005
Příloha N	Výrobní výkres – CEP_2, 001_STA633_006
Příloha O	Výrobní výkres – CEP_3, 001_STA633_007
Příloha P	Výrobní výkres – CEP_4, 001_STA633_008
Příloha Q	Výrobní výkres – ELKO, 004_STA633_001
Příloha R	Výrobní výkres – VYSUV_PLECH_1, 006_STA633_001
Příloha S	Výrobní výkres – VYSUV_ELKO_1, 006_STA633_003
Příloha T	Výrobní výkres – PLECH, 008_STA633_001
Příloha U	Výrobní výkres – VALEC, 008_STA633_002
Příloha V	Výrobní výkres – HORNÍ KOTVA, 501_STA633_200
Příloha W	Výrobní výkres – SPODNI KOTVA, 401_STA633_200

## 11 Poděkování

Rád bych tímto poděkoval doc. Ing. Květoslavu Kalábovi, Ph.D. za cenné rady a vedení při vypracování mé diplomové práce. Dále děkuji společnosti BORCAD cz s.r.o. za možnost pracovat na tomto tématu diplomové práce. Také děkuji své rodině za trpělivost a podporu při mém studiu na vysoké škole.